# PROGETTO STRUTTURE METALLICHE

# PROGETTO DELLA DURABILITA'

ing. Luca ROMANO – STUDIO ROMANO – ALBENGA - www.studioromano.org - luca@studioromano.org

## ❖ PRESTAZIONI DI PROGETTO CON LE NORME ATTUALI: PROGETTO + MANUTENZIONE = DURABILITA'

***MATERIALI***: prescrizioni su tavole e capitolato speciale d'appalto

***CLASSE DI ESECUZIONE***: prescrizioni su tavole e capitolato (EN-1090-2 marcatura CE)

***SALDATURE***: prescrizioni a capitolato - controlli

***BULLONATURE***: prescrizioni a capitolato - controlli

***PROTEZIONE***: prescrizioni su tavole e capitolato

***MANUTENZIONE***: Piano di Manutenzione "ad hoc" per la struttura progettata, con ispezioni ed interventi programmati

- ## MATERIALI ACCIAIO

Secondo le **NTC 2008**, cap.11, si può usare solo materiale qualificato e con controlli obbligatori in stabilimento e cantiere.

Per questo è importante specificare nel progetto e nel "Capitolato speciale d'appalto", che il materiale sia rispondente alle norme UNI EN 10025.

Quindi il carpentiere metallico deve fornire alla Direzione Lavori (D.L.) la dichiarazione di qualifica del prodotto rilasciata dal produttore.

Il materiale base consiste in:

acciaio:

S235

S275

S355

Resilienza:

JR: resilienza minima 27 J a +20°C

J0 resilienza minima 27 J a 0°C

J2 resilienza minima 27 J a -20°C

Esempio: S355 J0 W (acciaio ex Fe510, resiliente 27 J a 0°C, con caratteristiche CORTEN resistente alla corrosione atmosferica)

- **CLASSI DI ESECUZIONE – EXECUTION CLASSES**

La UNI EN 1090-2 (acciaio) è cogente dal 1 luglio 2014.

Introduce il concetto di "Execution Class" in termini di requisiti specificati e classificati per l'esecuzione di un' opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente.

La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato in relazione alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione.

La Norma EN 1090 prevede 4 classi di esecuzione denominate EXC1, EXC2, EXC3, EXC4 (con criticità e performance crescenti dalla 1 alla 4).

I requisiti da rispettare, da parte del fabbricante, in funzione della EXC di progetto, sono dati nell'Appendice A della norma di supporto.

N.B. La classe di esecuzione viene definita in fase di progettazione della struttura e pertanto il fabbricate è tenuto a rispettare quella prevista nella documentazione tecnica. Nel caso non sia indicata il fabbricante potrà applicare la EXC2 come previsto dal § 4.1.2 della UNI EN 1090-2, avendo cura di richiedere l'approvazione al progettista.

## *EN 1090-2 Annex B - ACCIAIO*

*I componenti devono essere classificati secondo 4 Classi di Esecuzione (**EXC**): **1 – 4***

**EXC 1 - 4**

| | |
|---|---|
| **Consequence Class** | **CC** |
| **Service Categories** | **SC** |
| **Production Categories** | **PC** |

***DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI CONSEGUENZA (CC):*** DEFINITA IN BASE ALL'IMPATTO SULLA POPOLAZIONE, SULL'AMBIENTE, SULLA VITA UMANA, SUL SOCIALE

Definizione delle classi di conseguenze: (**CC** Conseguenze **C**lass).

| Classe di conseguenze | Descrizione | Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile |
|---|---|---|
| CC3 | Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali | • Gradinate di impianti sportivi<br>• Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte(es. sale da concerti)<br>• Ponti Ferroviari<br>• etc... |
| CC2 | Conseguenze medie per perdità di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali | ▪ ***Edifici residenziali e per uffici***<br>▪ ***Edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es. edificio di uffici)***<br>▪ ***Edifici industriali*** |
| CC1 | Conseguenze basse per perdite di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali | • Costruzioni agricole, *nei quali generalmente nessuno entra* (es. serre)<br>• Magazzini per sostanze non pericolose e nei quali l'accesso del personale sia assolutamente limitato |
| CC1=BASSA | CC2=STANDARD | CC3=ALTA |

***DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SERVIZIO (SC):*** DEFINITA IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (DINAMICHE / STATICHE)

Definizione delle classi di servizio: (**SC** **S**ervice **C**ategories).

| Categoria | Parametri |
|---|---|
| SC1 | • Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche<br>• Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL<br>• Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe $S_0$) |
| SC2 | • Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte classi da $S_1$ a $S_9$)<br>• Strutture suscettibili a vibrazione da vento, folla o macchinari in rotazione<br>• *Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH* |
| DCL,DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1 (eurocodice-8)<br>**SC1= carico statico SC2=sollecitazione a fatica** | |

Definizione della categoria di produzione: (**PC P**roduction **C**ategories).

| Categoria | Parametri |
|---|---|
| PC1 | • Componenti non saldati fabbricati con qualsiasi classe di acciaio<br>• componenti saldati fabbricati con classe di acciaio infeiore all S355 (=S275max) |
| PC2 | • Componenti saldati fabbricati con classe di acciaio uguale o superiore alla S355<br>• Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati in situ mediante saldatura<br>• componenti prodotti a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la produzione |
| PC1<S355(=S275) | PC2≥S355 |

Applicando il criterio ai ponti, si vede come la classe di esecuzione minima sia la EXC3:

**Execution Classes EXC**

| Consequence classes | | CC1 | | CC2 | | CC3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Service categories | | SC1 | SC2 | SC1 | SC2 | SC1 | SC2 |
| Production categories | PC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 [a] | EXC3 [a] |
| | PC2 | EXC2 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 [a] | EXC4 |

[a] EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provisions.

<u>Esempio</u> classificazione ponte stradale a struttura metallica in zona sismica, in acciaio S355, con medie conseguenze su perdite di vite umane:

specificare sulle tavole esecutive: **classe di esecuzione: EXC3 –EN 1090-2**

Ciò significa:

-serie di procedure, controllo sui materiali, sugli assemblaggi e lavorazioni che il carpentiere metallico deve eseguire e documentare insieme al prodotto

-maggiore è la classe di esecuzione, maggiori sono i controlli da eseguire ed i costi di produzione

-non tutti i carpentiere sono qualificati per tutte le classi di esecuzione

## *ESEMPIO DI MARCATURA* **"CE"**

CE

01234

AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050

**08**

01234-CPD-00234

**EN 1090-1**

Welded steel beam – M 346

**Tolerances on geometrical data: EN 1090-2.**

**Weldability: Steel S235J0 according to EN 10025-2.**

**Fracture toughness: 27 J at 0°C.**

**Reaction to fire: Material classified: Class A1.**

**Release of cadmium: NPD.**

**Emission of radioactivity: NPD.**

**Durability: Surface preparation according to EN 1090-2, preparation grade P3. Surface painted according to EN ISO 12944-5, S.1.09.**

**Structural characteristics:**
**Design: NPD.**
**Manufacturing: According to component specification CS-034/2006, and EN 1090-2, execution class EXC2.**

*CE conformity marking, consisting of the "CE"-symbol given in Directive 93/68/EEC.*

*Identification number of the notified body*

*Name or identifying mark and registered address of the producer*

*Last two digits of the year in which the marking was affixed*

*Certificate number*

*No. of European standard*

*Description of product*

*and*

*information on regulated characteristics*

- ## CONTROLLI SULLE SALDATURE

Verificare / imporre: -la saldabilità dell'acciaio e l'idoneità del metodo di saldatura

-le certificazioni dei saldatori

Controllare: -che le saldature eseguite non presentino difetti fisici

-Imporre a capitolato i controlli sulle saldature che si sono previste in progetto, in funzione del tipo di saldatura e dell'importanza del giunto

-Il progettista impone il tipo e la percentuale dei controlli per ogni giunto ed inserisce la specifica nel capitolato speciale d'appalto

I controlli eseguibili sono:

- visivo
- coi liquidi penetranti
- magnetico (magnaflux), generalmente prescritto per i cordoni d'angolo
- radiografico
- con gli ultrasuoni

Generalmente si impone un controllo visivo su tutti i cordoni d'angolo, più una percentuale con magnaflux che può andare dal 30% al 100%, per quelli che si ritengono più importanti per la sicurezza strutturale.

Per i giunti a completa penetrazione si impone il controllo ultrasonoro (US) per la totalità del giunto.

***ESEMPIO CONTROLLO SALDATURE PONTE STRALLATO "LA SPEZIA" (NEL CAPITOLATO):***

Dove è indicato "saldatura a piena penetrazione" è necessario eseguire controlli ad ultrasuoni sul 100% delle saldature.

Andrà comunque effettuato un controllo minimo su:

1. –Antenna:
    a. Lamiere principali: controlli con ultrasuoni sulle saldature di tutti i giunti;
    b. Controllo con ultrasuoni sulle saldature della lamiera del tubo, nel punto di attacco dei pendini, per verificare che non presentino sfogliature
    c. magnaflux sul 30% delle saldature a cordone d'angolo
2. Attacco tirante: controlli con magnaflux sul 100% delle saldature degli attacchi sia superiori che inferiori
3. Tubo-anima: magnaflux sul 50% delle saldature;
4. Briglia inferiore: magnaflux sul 30% delle saldature;
5. Impalcato: controllo con ultrasuoni sul 100% delle saldature a piena penetrazione sulla piastra ortotropa;
6. Saldature di composizione della piastra ortotropa in cordoni d'angolo: magnaflux sul 30% delle saldature
7. Saldature di composizione del traverso di testa: magnaflux sul 50% delle saldature.

N.B. tutte le saldature eseguite in piena penetrazione per dare continuità a lamiere strutturali, per eseguire qualsivoglia elemento, andranno controllate con ultrasuoni al 100%

- ## CONTROLLI SULLE BULLONATURE

Le nuove Norme NTC 2008 e gli Eurocodici distinguono in:

- connessioni non precaricate (a Taglio)
- connessioni precaricate (ad Attrito, con bulloni solo di classe 8.8 o 10.9)

Le norme di riferimento sulla bulloneria sono le EN 14399 ((bulloni a serraggio controllato) e le EN 15048 ((bulloni non a serraggio controllato).

Le connessioni precaricate si usano:

- in presenza di sforzi che cambiano segno
- in presenza di fenomeni di fatica
- se ci sono vibrazioni
- per strutture sismo-resistenti
- se si voglio evitare scorrimenti del giunto

Praticamente sempre nei giunti principali dei ponti.

Il dimensionamento di tali giunti generalmente avviene:

- calcolo ad attrito per SLE
- calcolo a Taglio e Rifollamento per SLU

Sistema Bulloneria strutturale a serraggio controllato (vite, rondella e dado)

## EN 14399: Bulloneria strutturale a serraggio controllato

*diametro minimo utilizzabile per bulloneria strutturale: **M12***
*sporgenza vite da faccia esterna dado: **almeno un filetto***
*filetti liberi oltre la faccia interna dado: **almeno quattro filetti completi***
*secondo **EN 1090-2:2008***
*filetto a norma **ISO 261**; **ISO 965-2**; **ISO 965-5***

*stato superficie: "**grezzo**" (trattato termicamente+brunito+legg.oleato) o "**zincato a caldo**"*

### Sistema HV

**EN 14399-4**

**EN 14399-5 e 6**

- *diametri da **M12** a **M36***
- /
- *vite cl. **10.9**, dado cl.**10***
- *testa larga*
- *collare sottotesta*
- *filetto parziale corto (lg. tratto filettato unica in base al solo diametro)*
- *altezza dado ~ **0,8 d***
- *2 rondelle bonificate (300÷370 HV), smussata almeno quella sotto testa*
- *precarico al **70%** del carico di rottura della vite*

### Sistema HR

**EN 14399-3**

**EN 14399-5 e 6**

- *diametri da **M12** a **M36***
- *vite cl.**8.8** con dado cl.**8***
- *vite cl. **10.9**, dado cl.**10***
- *testa larga*
- *collare sottotesta*
- *filetto parziale ISO 888 (3 lg. tratto in base a lg. vite ≤ 125, ≤ 200, >200)*
- *altezza dado ~ **0,9 d***
- *1 o 2 rondelle bonificate (300÷370 HV), l'eventuale seconda sotto testa vite, smussata*
- *precarico al **70%** del carico di rottura della vite*

### Sistema HRC

**EN 14399-10**

**EN 14399-5 e 6**

- *diametri da **M12** a **M36***
- *vite cl.**8.8** con dado cl.**8***
- *vite cl. **10.9**, dado cl.**10***
- *testa larga*
- *collare sottotesta*
- *filetto parziale lungo (3 lg. tratto in base a lg. vite)*
- *codolo a rottura calibrata*
- *altezza dado ~ **0,9 d***
- *rondella bonificata piana o smussata*
- *precarico al **70%** del carico di rottura della vite*

Sistema Bulloneria strutturale a serraggio non controllato (vite, rondella e dado):

## EN 15048: Bulloneria strutturale non a serraggio controllato

*diametro minimo utilizzabile per bulloneria strutturale:* ***M12***
*sporgenza vite da faccia esterna dado:* ***almeno un filetto***
*filetti liberi oltre la faccia interna dado:* ***almeno un filetto completo***
*secondo* ***EN 1090-2:2008***

***Sistema SB*** *(structural bolting)* ***EN 15048-1-2:2007***

*per applicazioni meno importanti e rischiose*
*bulloni ugualmente certificati da unico produttore, marcatura CE*
*diametri per applicazioni standard: da* ***M12*** *a* ***M36***
*(la norma non esclude però altri diametri)*

*gambo a filetto totale o parziale*

*norma dimensionale viti* ***ISO 4014*** *....* ***4018*** *(*)*

*norma dimensionale dadi* ***ISO 4032 - 4033*** *(*)*

*classe vite:* ***4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 10.9***
*norma materiale (acciai al* ***C*** *e legati)* ***EN ISO 898-1***
*resilienza min.* ***27*** *J a* ***-20*** *°C per bulloni* ***AR***

*classe dado:* ***4, 5, 6, 8, 10, 12***

*rondella (in genere non richiesta, ma consigliata) classe durezza:*
***100*** *HV o* ***200*** *HV; norma* ***ISO 7091***

*marcatura vite e dado:*
***classe resistenza*** *+* ***SB*** *+* ***produttore*** *dell'* ***assieme***

***SISTEMA BULLONERIA STRUTTURALE A SERRAGGIO CONTROLLATO***

Sistema HV: derivazione tedesca, dado più basso e meno resistente, minor duttilità e rottura per cedimento del dado. Sola classe 10.9

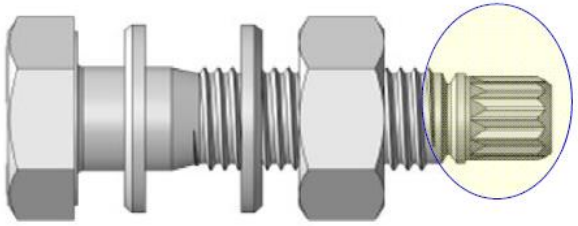
Sistema HR: derivazione anglo francese, dado più alto e resistente, maggior duttilità e rottura nella vite. Classi 8.8 e 10.9

Sistema HRC:

I bulloni sono uguali agli HR, ma con un codolo con rottura a torsione tarata.

Si usa avvitatore speciale a due bussole

È sempre più usato e permette l'esatta taratura della coppia applicata ed il controllo visivo dell'avvenuto serraggio



## *SERRAGGIO VITI PRECARICATE (SISTEMI HV, HR, HRC)*

La norma prescrive il precarico al 70% del carico ultimo del bullone:

**Table 19 — Values of $F_{p,C}$ in [kN]**

| Property class | Bolt diameter in mm | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 16 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 36 |
| 8.8 | 47 | 88 | 137 | 170 | 198 | 257 | 314 | 458 |
| 10.9 | 59 | 110 | 172 | 212 | 247 | 321 | 393 | 572 |

Si applica un momento di serraggio il 110% di: $M_{r,2} = k_m\ d\ F_{p,C}$

("d" diametro vite; $k_m$ sull'imballaggio viti)

Il fattore di rendimento della coppia "k", definito dal produttore del sistema e stampigliato sulle scatole dei bulloni

<u>Nota</u>: la coppia finale applicata: $1.1\ M_{r,2} = 1.1\ k_m\ d\ (0.7\ f_{ub}\ A_s)$

Sollecita la vite molto a ridosso del limite di snervamento convenzionale:

ad es. per una vite classe 8.8. si calcola: $1.1\ 0.7\ (f_{yb} / 0.8) = 0.96\ f_{yb}$

<u>Applicazione del serraggio</u>: di norma con chiave dinamometrica, con procedura in due step (es. metodo della coppia):

1- pre-serraggio col 75% della coppia $M_{r,2}$
2- serraggio finale con il 110% di $M_{r,2}$

N.B.

- Il serraggio si applica sul dado e non sulla testa della vite
- Se si applica il serraggio sulla testa della vite occorre comunicarlo al fabbricante che eseguirà test integrativi sul valore “k”

- ***SERRAGGIO VITI NON PRECARICATE (SISTEMA SB)***
- Le viti non precaricate sono da chiudere manualmente, con una chiave normale (cioè senza prolunghe), o una chiave a percussione, fermandosi all’inizio del tipico battito di “martellamento”.

***CONTROLLARE:***

Giunti non precaricati:

- controllo visivo, piastre accostate, aperte non più di 4mm agli angoli e con esteso contatto nella zona centrale
- rondelle presenti sotto l'elemento ruotato (dado !)

Giunti precaricati:

- Rondelle presenti sotto l'elemento ruotato (dado).
- Rondelle smussate sotto la testa della vite (sempre consigliate, obbligatorie in classe 10.9), smusso lato vite per non incidere il raccordo.

CONTROLLO SERRAGGIO – GIUNTI PRECARICATI SISTEMI HV E HR:

- 1° step: controllo visivo del contatto tra le piastre
- 2° step: controllo coppia serraggio nelle percentuali di tabella seguente, in funzione della classe di esecuzione strutturale:

| estensione minima dei controlli sui giunti con bulloni precaricati | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| classe di esecuzione strutturale | tipo di curva sequenziale | metodo della coppia | | metodo combinato | |
| | | 1^ step | 2^ step | 1^ step | 2^ step |
| ***EXC 2*** | **A** | non previsto controllo | 5% | / | 5% |
| ***EXC 3*** | **A** | | 10% | 5% | 10% |
| ***EXC 4*** | **B** | | 10% | 5% | 10% |

| procedure controlli dei giunti bullonati precaricati | | | |
|---|---|---|---|
| controllo | *metodo della coppia* | *metodo combinato* | *misurecorrettive* |
| iniziale | verifica contatto piastre accoppiate | | aggiustamento |
| dopo 1^ step | controllo non previsto | $M_{contr} = 0,75\ M_{r,2}$ | |
| | | α > 15° → sotto-serraggio | ripetere tutti i serraggi |
| | | controllo visivo di contrassegni e riferimenti | ripristino |
| dopo 2^ step | $M_{contr} = 1,05\ M_{r,2}$ dopo 12÷72 ore | controllo visivo di contrassegni e riferimenti | ripristino |
| | | α > 15° in meno → sotto-serraggio | ripetere tutti i serraggi |
| | | α > 30° in più → sovra-serraggio | ripetere tutti i serraggi |
| | α > 15° in meno → sotto-serraggio | | ripetere tutti i serraggi |

Tabella EN 1090-2: controllo giunti precaricati

CONTROLLO SERRAGGIO – GIUNTI PRECARICATI SISTEMI HRC:

- Per questi assiemi è possibile solo il controllo visivo, verificando il corretto distacco del codolo su ogni bullone del giunto:

- ## PROTEZIONE DALLA CORROSIONE

Acciaio: normale e auto passivante (corten) es. S355 J0 W

Il materiale base presenta ruggine e scaglie di laminazione (calamina): → preparazione

***PREPARAZIONE***:

-meccanica (spazzolatura, raschiatura, molatura)

-Sfiammatura

-Decapaggio (acido cloridrico)

-Sabbiatura (grado Sa2-commerciale; grado $Sa2_{1/2}$ -metallo quasi bianco)

***PROTEZIONE****:*

-<u>zincatura</u> (per immersione-a caldo; a spruzzo-metallizzazione a freddo). È una barriera meccanica + chimica poiché lo zinco è + elettronegativo.

-<u>pitturazione</u>:

primer (fondo): aderente e anticorrosivo

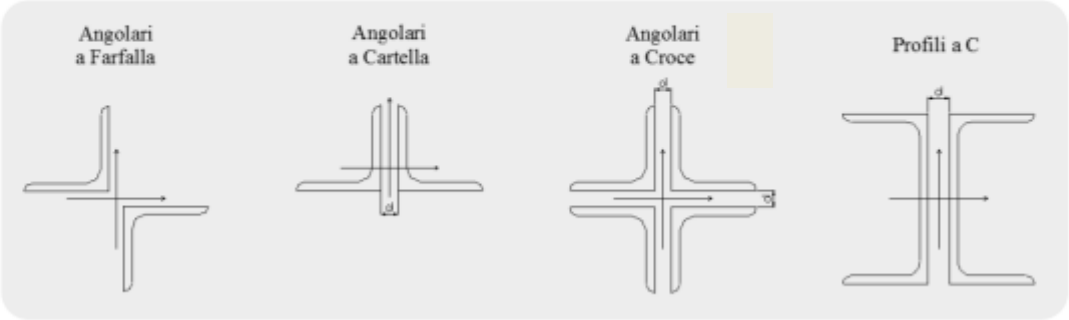
intermedio: pigmentato, dà spessore, barriera

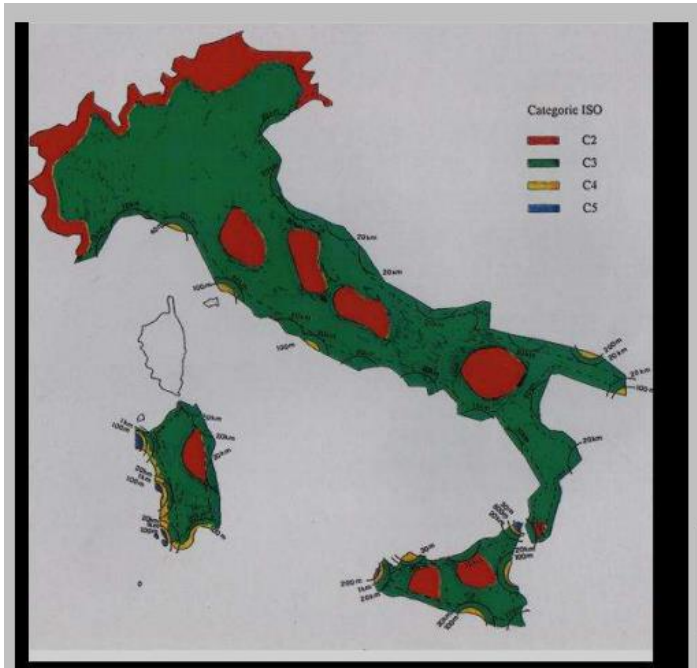
finitura: isolamento ed estetica

<u>*NOTA*</u>: Superfici interne: problemi di condensa → perfettamente stagne oppure verniciarle ed aerarle oppure deumidificarle.

**Il progettista dovrà:**

- identificare eventuali condizioni di corrosione particolari e valutare la possibilità di impiego di acciaio autopatinabile .
- individuare e classificare, nel caso di protezione mediante verniciatura, la corrosività dell'ambiente in cui la struttura sarà ubicata: C3 o C4 (o superiore).
- indicare, nel caso di protezione mediante verniciatura ,una classe di durabilità alta (H > 15 anni).
- indicare, nel caso di protezione mediante verniciatura, l'effetto cromatico (RAL, brillantezza.).
- progettare la struttura assicurando che siano evitate le trappole di corrosione e che sia prevista una adeguata accessibilità per gli interventi di protezione dalla corrosione, tenendo conto del ciclo protettivo eventualmente scelto e dei successivi interventi di manutenzione.






Esempio analisi della corrosività atmosferica in Italia per un acciaio al carbonio in funzione dei fattori climatici e di inquinamento

# Mappe

Classi di aggressività e velocità di corrosione prevista nel primo anno

| Categorie | | Velocitá di corrosione | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Acciaio (µm/anno) | Zinco (µm/anno) | Rame (µm/anno) | Alluminio g/(m²anno) |
| C1 | Molto bassa | <1,3 | <0,1 | <0,1 | Trascurabile |
| C2 | Bassa | 1,3-25 | 0,1-0,7 | 0,1-0,6 | <0,6 |
| C3 | Media | 25-50 | 0,7-2,1 | 0,6-1,3 | 0,6-2 |
| C4 | Alta | 50-80 | 2,1-4,2 | 1,3-2,8 | 2-5 |
| C5 | Molto alta | 80-200 | 4,2-8,4 | 2,8-5,6 | 5-10 |

**Classificazione degli ambienti**

| Classe di corrosività | Tipici ambienti esterni | Tipici ambienti interni |
|---|---|---|
| C1<br>Molto bassa | - | Edifici riscaldati con atmosfera pulita per esempio uffici, scuole, negozi, alberghi. |
| C2<br>Bassa | Ambienti con basso livello di inquinamento, principalmente aree rurali. | Edifici non riscaldati dove può crearsi condensa per esempio depositi, locali sportivi. |
| C3<br>Media | Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità. | Locali di produzione con alta umidità ed un relativo livello di inquinamento; per esempio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici. |
| C4<br>Alta | Aree industriali e zone costiere con moderata salinità. | Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni. |
| C5-I<br>Molto alta (industriale) | Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva. | Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento. |
| C5-M<br>Molto alta (marina) | Zone costiere e offshore con alta salinità. | Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento. |

**Esempio ponte Molassana - Genova:**

ciclo di verniciatura:

ciclo C4 > 15 anni

steel preparation min livello 1

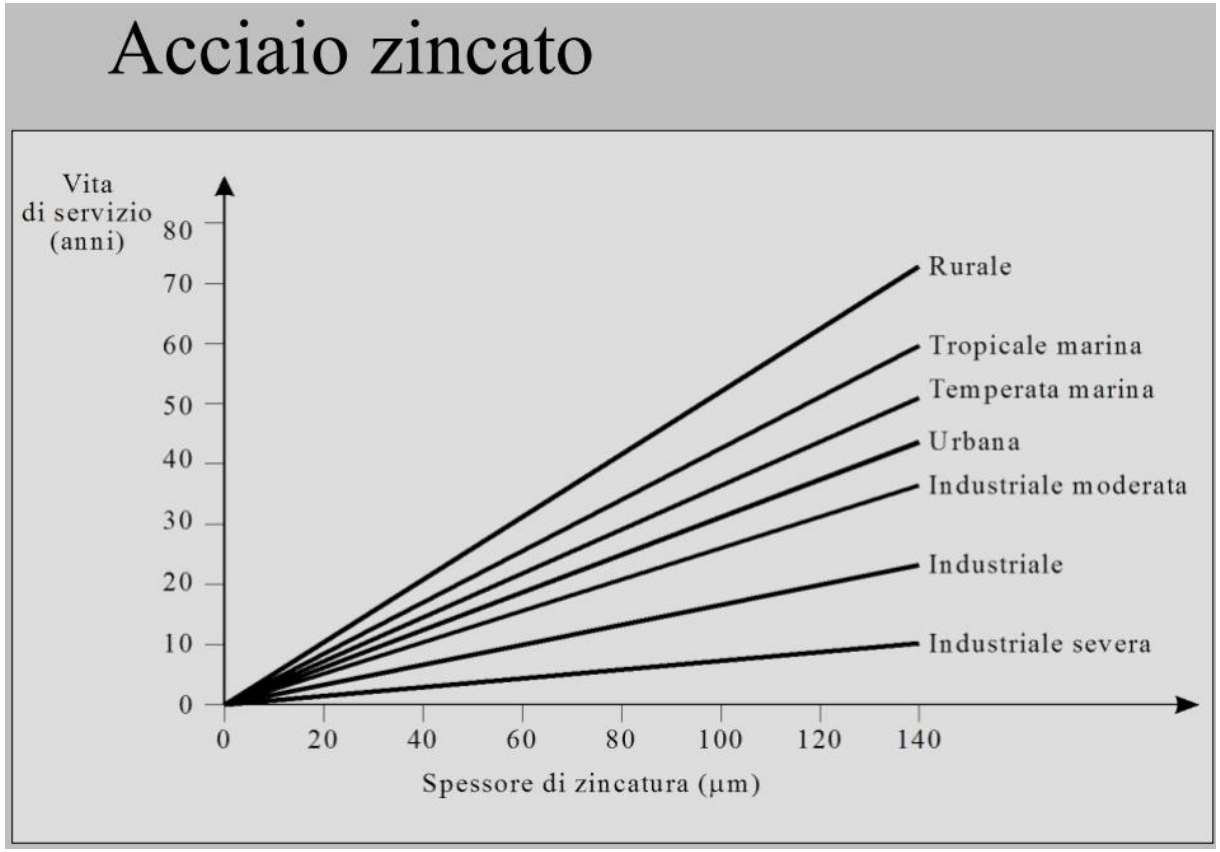
sabbiatura Sa 2 ½, rugosità 50-75 $\mu$m

primer epossidico ai fosfati di zinco 160 $\mu$m

finitura acrilico poliuretanica 80 $\mu$m

***PROTEZIONE DALLA CORROSIONE – ACCIAIO ZINCATO A CALDO***

Anche nel caso di zincatura a caldo si deve imporre uno spessore di zincatura funzione della vita prevista e della corrosività dell'ambiente:



# Preparazione superficiale

**Scopo:** Pulizia della superficie e ottenimento della rugosità necessaria per assicurare l'adesione del rivestimento

| Metodo di preparazione | Standard di riferimento ISO12944 (ISO 8503) | Specifiche SSPC | Standard fotografico ISO 8501 |
|---|---|---|---|
| **Sgrassaggio** | -- | SP1 | -- |
| **Pulizia con attrezzi manuali** | St 2 | SP2 | B St 2, C St 2, D St 2 |
| **Pulizia con attrezzi meccanici** | St 3 | SP3 | B St 3, C St 3, D St 3 |
| **Decapaggio (acido)** | Be | SP8 | -- |
| **Sabbiatura di spazzolatura** | Sa 1 | SP7 | B Sa 1, C Sa 1, D Sa 1 |
| **Sabbiatura commerciale** | Sa 2 | SP6 | B Sa 2, C Sa 2, D Sa 2 |
| **Sabbiatura a metallo quasi bianco** | Sa 2½ | SP10 | A Sa 2½, B Sa 2½, C Sa 2½, D Sa 2½ |
| **Sabbiatura a metallo bianco** | Sa 3 | SP5 | A Sa 3, B Sa 3, C Sa 3, D Sa 3 |
| **Pulitura alla fiamma** | Fl | -- | A Fl, B Fl, C Fl, D Fl |

*SSPC: Steel Structures Painting Council*

# Requisiti minimi di preparazione superficiale

| | | |
|---|---|---|
| Pitture alchidiche, oleofenoliche, bitumi | SSPC-SP6 | Sabbiatura commerciale |
| Pitture epossidiche, uretaniche, allo zinco organico | SSPC-SP10 o 6 | Sabbiatura a metallo quasi bianco o commerciale |
| Pitture allo zinco inorganico | SSPC-SP5 o 10 | Sabbiatura a metallo bianco o quasi bianco |
| Pitture all'olio di lino | SSPC-SP2 o 3 | Preparazione meccanica o manuale |

# Esempi di cicli di pitturazione ad alta durabilità per atmosfere umide in aree industriali e marine

(UNI EN ISO 12944: 2000; preparazione grado SA2½)

| Fondo | | | | Intermedio e finitura | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **legante** | **tipo** | **strati** | **spessore** | **legante** | **strati** | **spessore** |
| epossidico, poliuretano | Zn | 1 | 40 | epossidico, poliuretano[1] | 3-4 | 280 |
| | Misc | 1 | 80 | | 3 | 200 |
| silicato di etile | Zn | 1 | 80 | | 3 | 200 |
| | | 1 | 80 | | 2-4 | 240 |
| epossidico, poliuretano | Misc | 1-2 | 80 | | 3-4 | 240 |
| | | 1 | 250 | | 1 | 250 |
| | Zn | 1 | 40 | vinil-catrame | 3 | 360 |
| | | 1 | 40 | catrame epossidico | 3 | 360 |

[1] *Finitura poliuretano alifatico se occorre ritenzione del colore e brillantezza (esterni)*

Cicli di manutenzione da seguire per garantire la durata della struttura:

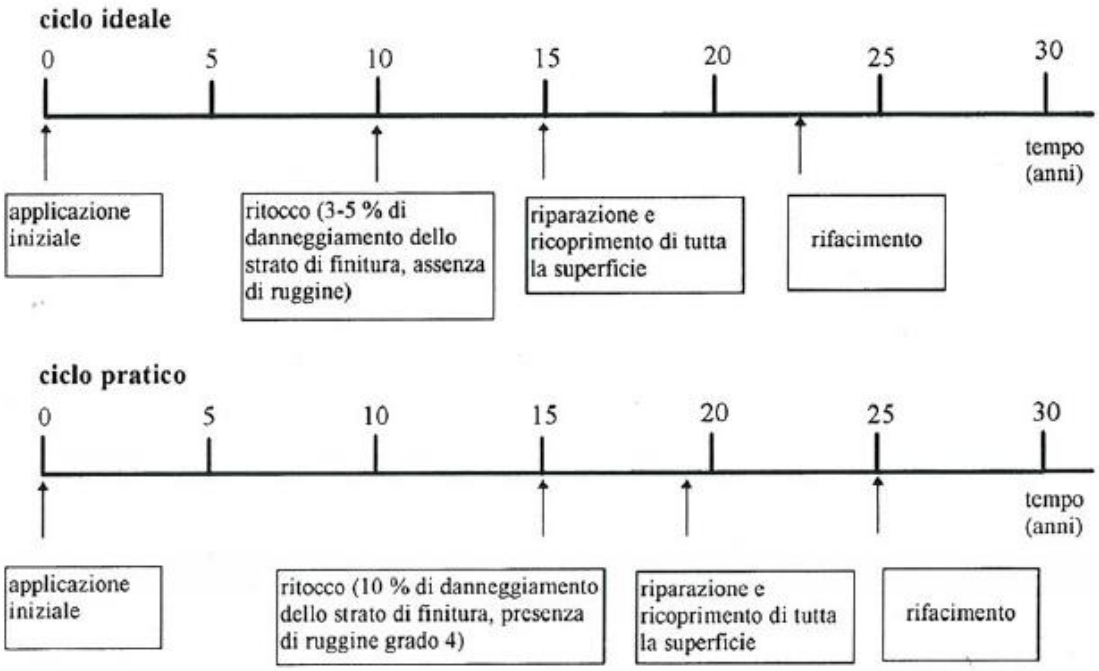



*Figura 16. Cicli di manutenzione per strutture rivestite (da Brevoort e Roebuck).*

- **Esempio: MATERIALI E INDICAZIONI PROGETTUALI –PONTE MOLASSANA (GE)**

***Note sui Materiali:***
ACCIAIO CARPENTERIA CONFORME UNI EN 10025,
DM 14/01/2008
*Materiali muniti di Certificazione CE*
Qualità Acciaio Tubolari: **S355J2**
Qualità Acciaio Piatti e Piastrame: spess≤40mm **S355J2W**
spess>40mm **S355K2W**

***Note sulle Bullonature:***
CONFORMI D.M. 14/01/2008
CONFORMI A UNI EN 14399-1
per giunzioni a serraggio controllato - cl.10.9 (travi princ. e traversi)
CONFORMI A UNI EN 15048-1
per giunzioni non a serraggio controllato - cl 10.9 (controventi)

***Note sulle Saldature:***
CONFORMI D.M. 14/01/2008

***Classificazione:***
EXC3 - EN 1090-2

***Note sulle Tolleranze di Montaggio:***
SECONDO EN 1090-2

***Note sui Trattamenti Superficiali:***
Antenna, cavalletto e cassone verniciati (colore bianco)
Stralli guaina RAL9016
Mensola marciapiede zincata a caldo

***Ciclo di verniciatura:***
*ciclo c4 > 15 anni*
*steel preparation min lvello 1*
*sabbiatura sa 2 1/2, rugosita' 50-75 um*
*primer epossidico ai fosfati di zinco 160 um*
*finitura acrilico poliuretanica 80 um*