



LAVORI DI RESILIENZA, VALORIZZAZIONE ED
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL
COMUNE DI VENZONE – LOTTO 2
CUP I44H21000020001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

COMMITTENTE
Comune di Venzone
Piazza Municipio, 1
33010 – Venzone (UD)

PROGETTISTA
dott. ing. Cristiano Roselli della Rovere

TITOLO
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – PARTE SECONDA

DATA	INC	REV	
22/12/2022	RA810	0	
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO
0	22/12/2022	Prima emissione	A. Femia

1. QUALITÀ E CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

Capo A CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

Art.1 Prescrizioni tecniche generali impianti elettrici

Art.1.1 Requisiti di rispondenza a norme, leggi e regolamenti

Gli impianti e i componenti devono essere realizzati a regola d'arte.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle Leggi e ai Regolamenti vigenti alla data di presentazione del progetto-offerta esecutivo e in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni delle Autorità Locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'ENEL o dell'Azienda locale distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della Telecom Italia o dell'Azienda che effettua il servizio telefonico;
- alle prescrizioni delle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

Art.1.2 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

Nei disegni e negli atti posti a base dell'appalto, deve essere chiaramente precisata, la destinazione o l'uso di ciascun ambiente, da parte della Committenza, affinché le Ditte concorrenti ne tengano debito conto nella progettazione degli impianti ai fini di quanto stabilito dalle vigenti disposizioni di legge in materia antinfortunistica, nonché dalle norme CEI.

Art.1.3 Prescrizioni riguardanti i circuiti - Cavi e conduttori

Art.1.3.1 I cavi

Isolamento dei cavi:

i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiori a 450/750 V, simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500 V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore;

colori distintivi dei cavi:

i conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL. In particolare, i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. I conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori nero, grigio (cenere) e marrone;

sezioni minime e cadute di tensioni massime ammesse:

le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensioni non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse per i conduttori di rame sono:

- $0,75 \text{ mm}^2$ per i circuiti di segnalazione e telecomando;
- $1,5 \text{ mm}^2$ per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kW;
- $2,5 \text{ mm}^2$ per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2 kW e inferiore o uguale a 3,6 kW;
- 4 mm^2 per montanti singoli o linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW;

sezione minima dei conduttori neutri:

la sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm², la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, con il minimo tuttavia di 16 mm² (per conduttori in rame).

sezione dei conduttori di terra e protezione:

la sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella 1, tratta dalla tab. 54F della norma CEI 64-8.

propagazione del fuoco lungo i cavi:

i cavi in aria installati individualmente, cioè distanziati fra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione della norma CEI 20-35.

Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso, nel quale sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti di non propagazione dell'incendio in conformità alla norma CEI 20-22;

provvedimenti contro il fumo:

se i cavi sono installati in notevole quantità in ambienti chiusi frequentati dal pubblico e di difficile e lenta evacuazione, si devono adottare sistemi di posa atti a impedire il dilagare del fumo negli ambienti stessi o in alternativa ricorrere all'impiego di cavi a bassa emissione di fumo secondo le norme CEI 20-37 e CEI 20-38;

problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi:

qualora cavi in quantità rilevanti siano installati in ambienti chiusi e i medesimi siano frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere, in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi bruciando sviluppino gas tossici o corrosivi.

Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi ad alte temperature, secondo la norma CEI 20-38.

Tabella 1

*Relazione tra le sezioni dei conduttori di protezione e dei conduttori di fase
(Sezione minima dei conduttori di protezione)*

<i>Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio</i> mm ²	<i>Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase</i> mm ²	<i>Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase</i> mm ²
minore o uguale a 16	sezione del conduttore di fase	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
maggiore di 16 e minore o uguale a 35	16	16
maggiore di 35	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari la sezione specificata dalle rispettive norme	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme

Art.1.3.2 I conduttori

Sezioni minime dei conduttori di terra

I conduttori di terra devono essere conformi a quanto indicato nella norma CEI 64-8, Art.543.1., e la loro sezione deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione di cui alla tab.1, con i minimi indicati nella seguente tabella:

Tabella 2

	<i>Protetti meccanicamente</i>	<i>Non protetti meccanicamente</i>
Protetti contro la corrosione	In accordo con 543.1	16 mm ² rame 16 mm ² ferro zincato
Non protetti contro la corrosione	25 mm ² rame 50 mm ² ferro zincato	

Zincatura secondo la norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente

In alternativa ai criteri sopra indicati, è ammesso il calcolo della sezione minima dei conduttori

di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'Art.543.1.1 della norma CEI 64-8, cioè mediante l'applicazione della seguente formula:

$$S_p = (I_2 t)^{1/2} / K$$

nella quale:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione [mm²];
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile [A];
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione [s];
- K è il fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali.

Art.1.4 Canalizzazioni per impianti elettrici

- I conduttori, tranne che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.
- Tali protezioni possono essere costituite da: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc.
- Negli *impianti industriali*, il tipo di protezione dovrà essere concordato di volta in volta con la Committenza.
- Negli impianti da realizzare in *edifici civili* e similari si devono rispettare le prescrizioni di seguito descritte.

Art.1.4.1 Tubi protettivi percorso tubazioni, cassette di derivazione

- Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera per i percorsi sotto intonaco, in acciaio smaltato a bordi saldati oppure in materiale termoplastico serie pesante per gli attraversamenti a pavimento;
- il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi o il tubo. Comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 10 mm;
- il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi; a ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, a ogni derivazione secondaria dalla linea principale e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione; le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti e morsetterie. Dette cassette devono essere costruite in modo tale che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei e risulti agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo; i tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante. Tuttavia è ammesso utilizzare lo stesso tubo e le stesse cassette purché i montanti alimentino lo stesso complesso di locali e siano contrassegnati per la loro individuazione, almeno in corrispondenza delle due estremità; qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.
- Il numero dei cavi che si possono introdurre nei tubi è indicato nella seguente tabella:

• Tabella 3:

• Numero massimo di cavi unipolari da introdurre in tubi protettivi

• (i numeri fra parentesi sono per i cavi di comando e segnalazione)

diametro esterno / diametro interno [mm]	sezione dei cavetti [mm ²]								
	(0,5)	(0,75)	(1)	1,5	2,5	4	6	10	16
12/8,5	(4)	(4)	(2)						

14/10	(7)	(4)	(3)	2					
16/11,7			(4)	4	2				
20/15,5			(9)	7	4	4	2		
25/19,8			(12)	9	7	7	4	2	
32/26,4					12	9	7	7	3

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli che ospitano altre canalizzazioni devono essere disposti in modo da non essere soggetti a influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. È inoltre vietato collocare, nelle stesse incassature, montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive. Nel vano degli ascensori o montacarichi non è consentita la messa in opera di conduttori o tubazioni di qualsiasi genere che non appartengano all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso. I circuiti degli impianti a tensione ridotta per "controllo ronda" e "antifurto", nonché quelli per impianti di traduzioni simultanee o teletraduzioni simultanee, dovranno avere i conduttori in ogni caso sistemati in tubazioni soltanto di acciaio smaltato o tipo mannesman.

Art.1.4.2 **Canalette porta cavi**

Per i sistemi di canali battiscopa e canali ausiliari si applica la norma CEI 23-93 (CEI EN 50082-2-1).

Per gli altri sistemi di canalizzazione si applicano le norme CEI specifiche, ove esistenti.

Il numero dei cavi installati deve essere tale da consentire un'occupazione non superiore al 50% della sezione utile dei canali, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 64-8.

si applica, per il grado di protezione contro i contatti diretti, quanto richiesto dalla norma CEI 64-8 utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni ecc.); in particolare, opportune barriere devono separare cavi a tensioni nominali differenti.

I cavi vanno utilizzati secondo le indicazioni fornite nella norma CEI 20-20.

Devono essere previsti:

- per canali metallici, i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali secondo quanto prescritto dalla norma CEI 64-8.
- nei passaggi di parete, opportune barriere tagliafiamma che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti stesse.

Le caratteristiche di resistenza al calore anormale e al fuoco dei materiali utilizzati devono soddisfare quanto richiesto dalla norma CEI 64-8.

Art.1.5 **Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione**

Una volta attuato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente. Questo tipo di protezione necessita dell'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè magnetotermico, in modo che risulti soddisfatta la seguente relazione:

$$- R_t \leq 50/I_s$$

dove I_s è il valore in ampere della corrente di intervento in 5 s del dispositivo di protezione; se l'impianto comprende più derivazioni protette da dispositivi con correnti di intervento diverse, deve essere considerata la corrente di intervento più elevata;

coordinamento di impianto di messa a terra e interruttori differenziali. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo. Affinché detto coordinamento sia efficiente deve essere osservata la seguente relazione:

$$- R_t \leq 50/I_d$$

dove I_d è il valore della corrente nominale di intervento differenziale del dispositivo di protezione.

Negli impianti di tipo TT, alimentati direttamente in bassa tensione dalla Società distributrice, la soluzione più affidabile, e in certi casi l'unica che si possa attuare, è quella con gli interruttori differenziali che consentono la presenza di un certo margine di sicurezza, a copertura degli inevitabili aumenti del valore di R_t durante la vita dell'impianto.

Art.1.6 **Protezione mediante doppio isolamento**

La protezione contro i contatti, indiretti in alternativa al coordinamento fra impianto di messa a

terra e dispositivi di protezione attiva, può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione o installazione, vale a dire apparecchi di Classe II.

In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione attuata mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

Art.1.7 Protezione dalle scariche atmosferiche

Art.1.7.1 Generalità protezione scariche atmosferiche

La Committenza preciserà se negli edifici, ove debbono venire installati gli impianti elettrici oggetto dell'appalto, dovrà essere prevista anche la sistemazione di parafulmini per la protezione dalle scariche atmosferiche.

L'impianto di protezione contro i fulmini, in ogni caso deve essere realizzato in conformità alla norma CEI 81-10 (CEI EN 62305) e resta diviso nelle seguenti parti:

- impianto di protezione contro le fulminazioni dirette (impianto base) costituito dagli elementi normali e naturali atti alla captazione, all'adduzione e alla dispersione nel suolo della corrente del fulmine (organo di captazione, calate, dispersore);
- impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (impianto integrativo) costituito da tutti i dispositivi (quali connessioni metalliche, illuminatori di tensione) atti a contrastare gli effetti (ad esempio, tensione totale di terra, tensione di passo, tensione di contatto, tensione indotta, sovratensione sulle linee) associati al passaggio della corrente di fulmine nell'impianto di protezione o nelle strutture e masse estranee a esso adiacenti.

Art.1.7.2 Criteri di valutazione del rischio e di scelta dell'impianto

L'impianto deve essere realizzato in modo da ridurre a un valore accettabile prestabilito il rischio che il fulmine raggiunga un punto qualunque posto all'interno del volume protetto, vale a dire il rischio R deve essere ridotto al di sotto del livello massimo tollerabile R_a .

Qualora nella struttura si possono verificare più tipi di danno, la condizione $R \leq R_a$ dovrà essere soddisfatta per ogni tipo di danno.

I valori tipici di R_a , nel caso in cui il fulmine causi danni che coinvolgono perdite di vite umane o di valori culturali e sociali sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 4:

Tipo di danno	Rischio tollerabile (R_a)
Perdita di vite umane ⁽¹⁾	10^{-5}
Perdita inaccettabile di servizi pubblici essenziali ⁽²⁾	10^{-3}
Perdita di patrimonio culturale insostituibile ⁽³⁾	10^{-3}

⁽¹⁾ Danno inteso come numero di morti all'anno, riferito al numero totale di persone esposte al rischio.
⁽²⁾ Danno inteso come prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale degli utenti serviti all'anno.
⁽³⁾ Danno inteso come valore annuo dei beni perduti, riferito al valore totale dei beni esposti al rischio.

Se il danno è esclusivamente di natura economica, la decisione in merito alla realizzazione dell'impianto di protezione sarà assunta dal proprietario della struttura o dal progettista, il quale potrà, ad esempio, procedere a confrontare i costi di realizzazione dell'impianto con quelli dovuti agli ipotetici danni addotti dall'eventuale fulminazione.

Se dalla valutazione emerge la necessità di adottare misure di protezione, relativamente ad un determinato tipo di danno, la scelta di quelle più idonee va fatta tenendo conto sia del contributo che ciascuna componente dà al rischio, sia degli aspetti tecnico-economici inerenti alle differenti misure di protezione, tra le quali si indicano le seguenti:

- misure per limitare le tensioni di contatto e passo;
- misure per limitare lo sviluppo e la propagazione dell'incendio;
- misure per limitare gli effetti del campo elettromagnetico dovuto al fulmine sui corpi metallici interni (scariche pericolose) e sugli impianti interni (sovratensioni);
- misure per limitare le sovratensioni trasmesse alla struttura dagli impianti esterni;
- installazione di un impianto di protezione con livello di protezione adeguato.

Il risultato della valutazione del rischio, espresso come *frequenza di fulminazione tollerabile* (N_A), i cui valori sono riportati nella tabella 5, si ricava dal confronto tra il valore da questo assunto e il valore della *frequenza di fulminazione diretta della struttura* (N_d) determinato a mezzo dell'applicazione della seguente formula (appendice G norma CEI 81-10 (CEI EN 62305)):

$$N_d = N_t \times C \times A$$

nella quale:

N_t è il numero di fulmini a terra all'anno per Km^2 ;

A è l'area di raccolta della struttura isolata;

C è il coefficiente ambientale, che può assumere uno dei 4 valori previsti nella tabella 6, in funzione delle caratteristiche sia di eventuali strutture vicine sia dell'orografia della zona.

Tabella 5

Frequenza di fulminazione tollerabile N_a per strutture ordinarie

Tipo di struttura	Frequenza di fulminazione tollerabile N_a (fulmini/anno)		
	<i>Rischio di incendio</i>		
	Ridotto	Ordinario	Elevato
A	$5 \cdot 10^{-4}$		
B	$5 \cdot 10^{-3}$		
C	1	10^{-2}	
D	5	$5 \cdot 10^{-2}$	

Tabella 6

Determinazione del coefficiente ambientale C

Disposizione relativa della struttura	C
Struttura situata in un'area con presenza prevalente di strutture di altezza uguale o maggiore	0,25
Struttura situata in un'area con presenza prevalente di strutture più basse	0,5
Struttura isolata: non esistono altre strutture o oggetti entro una distanza 3H dalla struttura	1
Struttura isolata sulla cima di una collina o di una montagna	2

Dal confronto può risultare:

$N_d \leq N_A$, nel qual caso non è necessaria l'installazione di un impianto di protezione;

$N_d > N_A$, nel qual caso è necessaria l'installazione dell'impianto di protezione, la cui efficienza (E, che si esprime a mezzo del rapporto tra il numero medio annuo di fulminazioni dirette che possono provocare danno alla struttura protetta e il numero medio annuo di fulminazioni dirette sulla struttura) deve risultare:

$$E \geq E_c = 1 - N_A/N_d$$

e al quale corrispondono i livelli di protezione riportati nella seguente tabella:

Tabella 7

Livelli di protezione in funzione dell'efficienza critica E_c

Livello di protezione	
$E_c > 0,98$	I (+misure di protezione addizionali)
$0,95 < E_c \leq 0,98$	I
$0,90 < E_c \leq 0,95$	II
$0,80 < E_c \leq 0,90$	III
$0 < E_c \leq 0,80$	IV

Art.1.7.3 Classificazione delle strutture da proteggere

1) Strutture di tipo A o equivalenti.

Rientrano in questa classe le seguenti strutture:

- alberghi grandi (> 100 posti letto);
- ospedali;
- grandi locali di pubblico spettacolo (> 250 posti letto);

- immobili per grandi attività commerciali (> 1500 m₂);
- musei grandi (> 1500 m₂);

2) *Strutture di tipo B o equivalenti.*

Rientrano in questa classe le seguenti strutture:

- edifici adibiti ad uso civile;
- alberghi piccoli (<= 100 posti letto);
- prigioni;
- immobili per piccole attività produttive (<= 25 addetti);
- immobili ad uso ufficio

3) *Strutture di tipo C o equivalenti.*

Rientrano in questa classe le seguenti strutture:

- strutture metalliche all'aperto;
- chiese;
- scuole;
- immobili per piccole attività commerciali (<= 1500 m₂);
- immobili per grandi attività produttive (³ 25 addetti);
- edifici agricoli

4) *Strutture di tipo D o equivalenti.*

Rientrano in questa classe le seguenti strutture:

- piccoli locali di pubblico spettacolo (<= 250 posti);
- musei piccoli (<= 1500 m₂);

Art.1.7.4 Criteri generali per la realizzazione dell'impianto di protezione esterno - Organi di captazione - Organi di discesa (calate)

I captatori dovranno essere posizionati secondo quanto specificato dalla norma CEI 81-10 (CEI EN 62305), appendice B, seguendo uno dei metodi riportati di seguito:

- 1) *metodo dell'angolo di protezione;*
- 2) *metodo della sfera rotolante;*
- 3) *metodo della maglia.*

In genere, il metodo dell'angolo di protezione si dovrà applicare per la protezione di strutture regolari, il metodo della sfera rotolante per la protezione di strutture di forma complessa e il metodo della maglia per la protezione di superfici piane.

Gli *organi di captazione* potranno essere composti da qualsiasi combinazione dei seguenti elementi:

- aste;
- funi;
- maglia;

In particolare:

- 1) Il *metodo dell'angolo di protezione* implica che la struttura da proteggere debba essere situata per intero entro il volume protetto dal captatore, che:
 - nel caso di captatore ad asta verticale, ha la forma di un cono circolare retto con il vertice posto sulla sommità dell'asta e il semivertice di angolo α dipendente dal livello di protezione e dall'altezza del captatore (*cf. norma CEI 81-10 (CEI EN 62305), appendice B, fig. B.1*);
 - nel caso di captatore a fune, viene determinato dalla composizione dei volumi protetti da aste verticali virtuali con i vertici sulla fune (*cf. norma CEI 81-10 (CEI EN 62305), appendice B, fig. B.2*);
 - nel caso di captatore a maglia, è determinato dalla composizione dei volumi protetti relativi ai singoli conduttori che formano la maglia (*cf. norma CEI 81-10 (CEI EN 62305), appendice B, fig. B.3*).
- 2) Il *metodo della sfera rotolante* comporta che il posizionamento del captatore si potrà ritenere corretto qualora nessun punto della struttura da proteggere venga in contatto con una sfera, che rotola sul terreno, intorno e sulla struttura in tutte le direzioni possibili. Ciò implica che la sfera dovrà toccare soltanto il terreno e/o il captatore (*cf. norma CEI 81-10 (CEI EN 62305), appendice B, fig. B.4*).

Il raggio R della sfera rotolante, che rappresenta il raggio di captazione, dipenderà dalla minima corrente di fulmine che l'impianto dovrà essere in grado di captare e quindi dal livello di protezione dell'impianto stesso.

3) Il *metodo della maglia* dovrà essere utilizzato per la protezione di superfici piane e in tal caso i captatori dovranno essere posizionati su:

- linee di gronda del tetto;
- sporgenze del tetto;
- linee di colmo del tetto, qualora l'inclinazione del tetto superi 1/10;
- mentre le superfici laterali della struttura dovranno essere dotate di captatori a livelli più alti del valore del raggio della sfera rotolante.

Tra le altre condizioni da soddisfare, si citano le seguenti:

- la rete di captazione dovrà essere sistemata in modo tale che la corrente di fulmine incontri almeno due diversi percorsi metallici fino al dispersore;
- nessun corpo metallico contenuto nella struttura da proteggere dovrà sporgere al di fuori del volume protetto dai captatori nelle strutture con rischio di esplosione;
- i captatori dovranno seguire per quanto sia possibile percorsi brevi e rettilinei;
- il lato di magliatura della rete di captazione non dovrà essere maggiore dei valori riportati nella seguente tabella:

Tabella 8

Valori massimi dell'angolo di protezione, del raggio della sfera rotolante e delle dimensioni della maglia in funzione del livello di protezione

Metodi di protezione

Livello di protezione	Raggio della sfera R [m]	Dimensione del lato della maglia M [m]	Angolo di protezione α [°]
I	20	5	grafico
II	30	10	grafico
III	45	15	grafico
IV	60	20	grafico

Gli *organi di discesa* possono essere normali (calate) e naturali (corpi metallici esistenti nella struttura, ferri di armatura); essi devono essere opportunamente posizionati e interconnessi, nonché avere il più possibile percorso rettilineo.

In particolare:

se i captatori sono costituiti da aste su singoli sostegni, sarà necessaria almeno una calata per sostegno;

se i captatori sono costituiti da funi, sarà necessaria almeno una calata ad ogni estremità della fune;

se i captatori sono costituiti da una maglia, saranno necessarie:

almeno una calata per ogni sostegno perimetrale della maglia, qualora si tratti di un impianto di protezione esterno isolato dalla struttura da proteggere;

almeno due calate, distribuite attorno al perimetro della struttura da proteggere, qualora si tratti di un impianto di protezione non isolato. In tal caso le calate dovranno essere interconnesse a livello del suolo.

Le calate dovranno essere installate in modo da diventare, per quanto sia possibile, la continuazione diretta dei captatori e da assicurare il più breve e diretto percorso fino a terra.

Su ciascuna calata, in prossimità del collegamento al dispersore, dovrà essere previsto un punto di misura, che dovrà essere apribile, anche se normalmente dovrà rimanere chiuso.

Il dispersore di un impianto di protezione deve poter disperdere nel suolo la corrente di fulmine senza provocare sovratensioni pericolose e pertanto la forma e le dimensioni di un dispersore sono più importanti del valore della resistenza di terra.

Per la protezione contro i fulmini, è necessario disporre di un unico dispersore adatto per tutti gli scopi.

Per poter sostenere senza danno gli effetti elettrodinamici della corrente di fulmine ed eventuali sforzi accidentali i materiali impiegati devono possedere adeguata resistenza meccanica.

I materiali base consigliati sono il rame e l'acciaio zincato a caldo e, limitatamente agli organi di captazione e discesa, l'alluminio.

Possono essere utilizzati anche altri materiali o leghe di materiali base, purché abbiano caratteristiche elettriche, meccaniche e di resistenza alla corrosione non inferiori a quelle dei materiali base consigliati. Nelle tabelle 9 e 10 che seguono, vengono indicate le dimensioni minime degli organi normali di captazione e discesa dei dispersori normali.

Tab. 9

Dimensioni minime per organi di captazione di discesa

Tipo di elettrodo	Materiale		
	Acciaio zincato a caldo	Alluminio in lega	Rame
Nastro: - spessore (mm) - sezione (mm ²)	2 60	3 60	2 40
Tondino o conduttore massiccio: - sezione (mm ²)	50	50	35
Conduttore cordato: - sezione (mm ²)	50	50	35

Art.1.7.5 Dispersione

Il dispensore dell'impianto di protezione dovrà essere realizzato in conformità a quanto indicato nella sezione 4 delle norme CEI 81-10 (CEI EN 62305).

Art.1.7.6 Dimensioni minime per dispersori normali

Tabella 10

Tipo di posa	Tipo di elettrodo	Materiale		
		Acciaio zincato a caldo (Norma CEI 7-6)	Acciaio rivestito di rame	Rame
Nel terreno	Piastra: - spessore (mm) - sezione (mm ²)	3 100	---	3 ---
	Nastro: - spessore (mm) - sezione (mm ²)	3 100	---	3 50
	Tondino o conduttore massiccio: - sezione (mm ²)	50	---	35
Per infissione nel terreno	Conduttore cordato: - diametro fili (mm) - sezione (mm ²)	1,8 50	---	1,8 35
	Picchetto a tubo: - diametro esterno (mm) - spessore (mm)	40 2	---	30 3
	Picchetto massiccio: - diametro esterno (mm) - spessore (mm)	20 ---	15 (1) (2) ---	15 ---
	Picchetto in profilato: - spessore (mm) - dimensione trasv.. (mm)	5 50	---	5 50

Rivestimento per deposito elettrolitico: 100 m.
Rivestimento per trafilatura: spessore: 500 m..

Art.1.8 Protezione da sovratensioni per fulminazione indiretta e di manovra

a) *Protezione d'impianto.*

Per la protezione dell'impianto e delle apparecchiature elettriche ed elettroniche a esso collegate, contro le sovratensioni di origine atmosferica (fulminazione indiretta) e le sovratensioni transitorie di manovra e limitare scatti intempestivi degli interruttori differenziali, all'inizio dell'impianto deve essere installato un limitatore di sovratensioni che garantisca la separazione galvanica tra conduttori attivi e terra. Detto limitatore deve essere modulare e componibile e avere il dispositivo di fissaggio a scatto incorporato per profilato unificato.

b) *Protezione d'utenza.*

Per la protezione di particolari utenze molto sensibili alle sovratensioni, quali ad esempio

computer, video terminal, registratori di cassa, centraline elettroniche in genere e dispositivi elettronici a memoria programmabile, le prese di corrente dedicate alla loro inserzione nell'impianto devono essere alimentate attraverso un dispositivo limitatore di sovratensione in aggiunta al dispositivo di cui al punto a).

Detto dispositivo deve essere componibile con le prese ed essere montabile a scatto sulla stessa armatura e essere installato nelle normali scatole da incasso.

Art.1.9 Materiali e dimensioni

I materiali usati per la realizzazione dell'impianto di protezione sono indicati nella tabella 5 della sezione 6 delle norme CEI 81-10 (CEI EN 62305).

Art.1.10 Maggiorazioni dimensionali rispetto a valori minori consentiti dalle norme CEI e di legge

A ogni effetto, si precisa che maggiorazioni dimensionali, in qualche caso fissate dal presente Capitolato, rispetto a valori minori consentiti dalle norme CEI o di legge, sono adottate per consentire possibili futuri limitati incrementi delle utilizzazioni, non implicanti tuttavia veri e propri ampliamenti degli impianti.

Art.1.11 Ancoraggi e giunzioni

Captatori e calate devono essere ancorati saldamente, in modo che gli sforzi meccanici, elettrodinamici o accidentali non possano provocare la rottura o l'allentamento dei conduttori.

Art.2 Impianti fotovoltaici

Dovranno essere progettati, realizzati e collaudati secondo le prescrizioni del D.M. 19 febbraio 2007 con particolare riferimento all'allegato A.

Art.2.1 Moduli fotovoltaici

Dovranno essere in silicio mono o policristallino o amorfo, provati e verificati da laboratori accreditati per le specifiche prove necessarie alla verifica dei moduli, in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Tali laboratori dovranno essere accreditati EAA (European Accreditation Agreement) o dovranno aver stabilito accordi di mutuo riconoscimento.

Dovranno essere dichiarate dal costruttore le seguenti caratteristiche minime:

Celle in silicio mono o poli cristallino

- Superficie anteriore: vetro solare termicamente precompresso, in grado di resistere alla grandine (Norma CEI 82-8 (CEI EN 61215));
- Incapsulamento delle celle: EVA (Etil – Vinil Acetato);
- Cornice: Lega di alluminio; sigillatura mediante foglio di poliestere – hybrid;
- Terminali di uscita: cavi precablati a connessione rapida impermeabile (multi-contact);
- Presenza di diodi di bypass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali fenomeni di ombreggiamento.
- Potenza elettrica nominale in condizioni standard, 1000 W/m², 25 °C, AM 1,5;
- Il decadimento delle prestazioni deve essere garantito non superiore al 10% nell'arco di 10 anni e non superiore al 20% nell'arco di 25 anni.
- La tolleranza sulla potenza deve essere compresa nel range ±3%
- Caratteristiche meccaniche: Temperatura: -40 ÷ + 80°C.

Triplo strato di silicio amorfo calpestabile ed autopulente

- Terminali di uscita: cavi precablati a connessione rapida impermeabile;
- Presenza di diodi di bypass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali fenomeni di ombreggiamento.
- Potenza elettrica nominale in condizioni standard, 1000 W/m², 25 °C, AM 1,5;
- Il decadimento delle prestazioni deve essere garantito non superiore al 10% nell'arco di 10 anni e non superiore al 20% nell'arco di 20 anni.
- La tolleranza sulla potenza deve essere compresa nel range ±3%
- Caratteristiche meccaniche: Temperatura: -40 ÷ + 80°C.

Art.2.2 Inverter

- - Dovranno essere dimensionati in modo da consentire il funzionamento ottimale dell'impianto e rispettare la norma ENEL DK5940;
 - dovranno avere almeno 20 anni di garanzia e rendimento europeo non inferiore al 94%.
 - Dovranno essere dichiarate dal costruttore le seguenti caratteristiche minime:
 - inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20;
 - funzione MPPT (Maximum Power Point Tracking) di inseguimento del punto a massima potenza sulla caratteristica I-V del campo;
 - ingresso cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
 - sistema di misura e controllo d'isolamento della sezione cc; scaricatori di sovratensione lato cc; rispondenza alle norme generali su EMC: Direttiva Compatibilità Elettromagnetica (Direttiva 2004/108/CE);
 - trasformatore di isolamento, incorporato o non, in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20;
 - protezioni di interfaccia integrate per la sconnessione dalla rete in caso di valori fuori soglia di tensione e frequenza e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale (certificato ENEL DK5940).
 - conformità marchio CE; grado di protezione IP65, se installato all'esterno, o IP45 ;
 - dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
 - possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati di impianto (interfaccia seriale RS485 o RS232)

Art.2.3 Impianto elettrico

- - Dovrà essere, per quanto riguarda l'impianto in corrente continua, del tipo isolato classe II sistema IT, mentre quello in corrente alternata dovrà essere dello stesso tipo dell'impianto elettrico utilizzatore esistente. Il grado di protezione minimo di quadri e apparecchiature elettriche è IP54 se posti all'esterno, IP21 se collocati all'interno di edifici.
 - Normativa di riferimento:
 - Gli impianti elettrici devono essere conformi alla regola dell'arte: il rispetto delle norme CEI nell'esecuzione degli stessi ne è garanzia ai termini di legge. In particolare, le normative da rispettare per la progettazione e realizzazione a regola d'arte degli impianti elettrici sono:
 - CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
 - CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
 - CEI 82-9 (CEI EN 61727): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
 - CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
 - CEI 82-24 (CEI EN 62093): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali; (CEI, ASSOSOLARE);
 - CEI 110-31 (CEI EN 61000-3-2): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
 - CEI 77-2 (CEI EN 60555-1): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
 - CEI 17-113 (CEI EN 61439-1): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT),
 - CEI 17-13/2 (CEI EN 60439-2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
 - CEI 17-13/3 (CEI EN 60439-3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di

- protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);
- CEI 16-2 (CEI EN 60445): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori;
 - CEI 70-1 (CEI EN 60529): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
 - CEI 37-1 (CEI EN 60099-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
 - CEI 20-19: Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
 - CEI 20-20: Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
 - CEI 81-10 (CEI EN 62305): Protezione contro i fulmini, ed in particolare:
 - CEI 81-10/4 (CEI EN 62305-4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;
 - CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti al momento della pubblicazione della presente specifica, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

In particolare si considera il documento ENEL DK 5940 *Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di ENEL Distribuzione*.

Art.2.4 Quadri elettrici per impianto fotovoltaico

La realizzazione dell'impianto prevede diversi quadri elettrici:

- un quadro di campo fotovoltaico;
- un quadro di protezione inverter lato ca;
- un quadro corrente alternata.

L'allacciamento dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione deve avvenire presso il quadro elettrico esistente e comunque a valle del contatore ENEL di consegna.

Il fissaggio dei quadri sarà effettuato mediante opportuno staffaggio alla muratura esistente. Il fornitore dei quadri dovrà attenersi a quanto sopra specificato e dovrà corredare il quadro elettrico di una o più targhe, marcate in maniera indelebile e poste in maniera da essere visibili, con riportate le informazioni delle norme CEI 17-113 (CEI EN 61439-1).

Assieme al quadro il fornitore dovrà allegare:

- Schemi elettrici del quadro con tutte le caratteristiche delle apparecchiature.
- Dichiarazione di conformità della costruzione ed assemblaggio delle apparecchiature alle prescrizioni delle relative norme CEI con particolare riferimento alle norme CEI 44-5 (CEI EN 60204-1), CEI 17-113 (CEI EN 61439-1), CEI 64-8.

Quadro di campo fotovoltaico

Il quadro deve consentire il sezionamento di ciascuna stringa di moduli fotovoltaici, proteggere da sovracorrenti, proteggere il generatore fotovoltaico e gli inverter da sovratensioni impulsive lato cc.

Specifiche tecniche del quadro:

- ◆ sistema IT
- ◆ caratteristiche della tensione continua di alimentazione, tensione di stringa compresa fra 150 e 800Vcc.
- ◆ corrente nominale dei dispositivi di apertura, in categoria d'impiego minima DC21B, pari a 1,5 volte la somma delle correnti nominali di ciascuna apparecchiatura collegata
- ◆ tenuta al cortocircuito del quadro superiore al valore di corrente nominale ammissibile di picco del quadro

- ◆ all'interno del quadro e sulla faccia interna delle porte, tutte le parti attive dei circuiti, apparecchiature, terminali e morsettiere comprese, indipendentemente dalla tensione di esercizio, devono essere protette con un grado di protezione non inferiore ad IPXXB CEI 70-1 (CEI EN 60529). Se per la protezione contro i contatti diretti delle sbarre o di altri dispositivi vengono utilizzati appositi profilati di copertura, questi devono coprire interamente la sbarra o il dispositivo su tutti i lati.
- ◆ dovranno essere utilizzati sistemi, sbarre, supporti, connessioni, apparecchi di protezione e manovra ed assieme che siano già stati sottoposti a prove di tipo conforme a quanto prescritto dalle norme CEI 17-113 (CEI EN 61439-1).
- ◆ Tutti i circuiti, barrature e componenti del quadro dovranno essere idonei ed assemblati in modo da resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche dovute al valore di picco della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione della macchina (tale valore dovrà essere ottenuto moltiplicando il valore efficace della corrente di cortocircuito nel punto di installazione per il fattore "n" ricavato dalla tabella delle norme CEI 17-113 (CEI EN 61439-1).
- ◆ Tutti i dispositivi di protezione da sovracorrente dovranno avere un potere d'interruzione superiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione del quadro.

Quadro corrente alternata

Il quadro seziona l'intero impianto fotovoltaico dalla rete di distribuzione ed utenze e protegge i dispositivi lato ca dalle sovratensioni impulsive.

Specifiche tecniche del quadro

- ◆ sistema TT
- ◆ caratteristiche della tensione di alimentazione, sottolineando che questa sarà in corrente alternata con frequenza 50Hz, a tensione 380 V trifase con neutro.
- ◆ tenuta al cortocircuito superiore al valore di corrente nominale ammissibile di picco (I_{pk}) del quadro.
- ◆ all'interno del quadro e sulla faccia interna delle porte, tutte le parti attive dei circuiti, apparecchiature, terminali e morsettiere comprese, indipendentemente dalla tensione di esercizio, devono essere protette con un grado di protezione non inferiore ad IP2X o IPXXB (CEI 70-1 (CEI EN 60529)). Se per la protezione contro i contatti diretti delle sbarre o di altri dispositivi vengono utilizzati appositi profilati di copertura, questi devono coprire interamente la sbarra o il dispositivo su tutti i lati.
- ◆ Dovranno essere utilizzati sistemi, sbarre, supporti, connessioni, apparecchi di protezione e manovra ed assieme che siano già stati sottoposti a prove di tipo conforme a quanto prescritto dalle norme CEI 17-113 (CEI EN 61439-1).
- ◆ Tutti i circuiti, barrature e componenti del quadro dovranno essere idonei ed assemblati in modo da resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche dovute al valore di picco della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione della macchina (tale valore dovrà essere ottenuto moltiplicando il valore efficace della corrente di cortocircuito nel punto di installazione per il fattore "n" ricavato dalla tabella delle norme CEI 17-113 (CEI EN 61439-1).
- ◆ Tutti i dispositivi di protezione da sovracorrente dovranno avere un potere d'interruzione superiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione del quadro.

Art.2.5 Cavi elettrici per impianto fotovoltaico

◆

- ◆ Il cablaggio dei vari componenti dell'impianto fotovoltaico deve avvenire con cavi di provata qualità, ed opportunamente scelti e dimensionati in base all'utilizzo specifico.
- ◆ In particolare, si dovranno utilizzare questi tipi di cavo elettrico: **FG7(O)R – 0.6/1KV**
- ◆ Il cavo è a conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto, isolante in mescola elastomerica, ad alto modulo di qualità G7, guaina in PVC speciale di qualità RZ
- ◆
- ◆ Caratteristiche:
 - Cavo adatto per alimentazione e trasporto di comandi e/o segnali nell'industria/artigianato e nell'edilizia residenziale, adatto per posa fissa all'interno e all'esterno, per installazione su murature
 - e strutture metalliche, passerelle, tubazioni e canalette. Può essere direttamente interrato

- Conforme ai requisiti essenziali delle direttive BT73/23 e 93/68 CE
- Massima temperatura di esercizio: +90°C
- Massima temperatura di cortocircuito: +250°C
- Tensione nominale: 0,6/1kV

Art.2.6 Impianto di messa a terra – protezione scariche atmosferiche per impianto fotovoltaico

-
- La realizzazione della messa a terra consiste nel collegamento all'impianto di terra esistente delle masse dell'impianto fotovoltaico.
- L'impianto di messa a terra deve essere completo di capicorda, targhette di identificazione, eventuali canaline aggiuntive, e quant'altro per la realizzazione dell'impianto a regola d'arte.
- Inoltre l'efficienza dell'impianto di terra deve essere garantita nel tempo, e le correnti di guasto devono essere sopportate senza danno.
-
- Normativa
- a) D.M. 37/08: "Installazione impianti all'interno degli edifici".
- b) Norma CEI 64-8 : "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua".
- c) Norma CEI 64-12: "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario".
- d) Norma CEI 64-14: "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori".
- e) Norma CEI 81-10 (CEI EN 62305): "Protezione di strutture contro i fulmini".

Art.2.7 Tubi e canale per impianto fotovoltaico

-
- Tutti i cavi elettrici di energia, di messa a terra, di segnale, ed altri cablaggi, ad esclusione del cavo in rame nudo di messa a terra e dei cavi di stringa idoneamente fissati alla struttura di sostegno dei moduli, dovranno esser posati in opportune guaine, tubi e canale di materiale plastico, fissati opportunamente alla copertura e alla muratura dell'edificio mediante opportuni accorgimenti, e dotati di tutti gli accessori e pezzi speciali per dare il lavoro finito a regola d'arte.
-
- Le caratteristiche principali delle canalizzazioni dell'impianto elettrico sono di seguito riassunte:
- **Canalina in pvc:**
- PVC rigido, marchiata, autoestinguente, resistente agli acidi, olii, grassi, indeformabile per temperature comprese tra -20 e +60 °C, reazione al fuoco classe 1, conforme alle prescrizioni CEI 23-93 (CEI EN 50082-2-1); tipo porta cavi e porta apparecchi, per posa a parete e/o sospesa, compreso coperchio, angoli, giunti, con idoneo sistema di aggancio, scatole di derivazione, IP40 minimo, coperchio apribile solo con attrezzo o possibilità di rinforzo con apposite traversine di contenimento cavi fino all'altezza di 2.25 m; dimensioni standard od equivalenti DIN; bianca o grigia RAL 7035;
-
- **Tubo in pvc rigido:**
- tubo protettivo, isolante a base di PVC, IP40 minimo, con collante, conforme alle prescrizioni CEI 23-81 (CEI EN 61386-21) e relative varianti; marchiata, medio, rigido, liscio, autoestinguente, dimensioni standard o equivalenti DIN (preferibilmente 60x40mm), bianco o grigio RAL 7035.

Art.2.8 Carpenterie di supporto per impianto fotovoltaico

- Le carpenterie di supporto dovranno consentire la messa in opera dei moduli su guide in alluminio o acciaio inox. Dovranno essere depositate presso la stazione appaltante le relazioni di
- calcolo, a firma di professionista abilitato, di tutti i componenti formanti il reticolo statico, inclusi nodi, sostenente i moduli fotovoltaici.

Art.2.9 Sistema di monitoraggio per impianto fotovoltaico

- L'impianto dovrà essere dotato di sistema di monitoraggio sia in remoto, via Web, che tramite dedicato schermo indicatore di produzione. Il sistema per il monitoraggio dell'impianto fotovoltaico globale indicherà la potenza istantaneamente prodotta, la produzione energetica giornaliera e la produzione energetica totale degli impianti, a partire dalla loro attivazione.
- Il display, che indicherà in tempo reale tali dati, deve possedere le seguenti caratteristiche minime:
- - Struttura: profilo esterno in alluminio verniciato a polvere.

- Dimensioni indicative: (L x H x P): 640 x 520 x 55 mm
- Peso: circa 7 kg
- Alimentazione: 230 V, 50 Hz
- Consumo medio: circa 1,5 Watt
- Display: LCD a 7 segmenti, retroriflettente, altezza carattere circa 40 mm
- Montaggio: a parete
- Il display deve essere posto in area ben visibile e in luogo protetto dalle intemperie.
- Il sistema dovrà comprendere inoltre la seguente componentistica o equivalente:
 - schede di interfaccia dati RS485, da installare internamente in ogni inverter.
 - centrale di comunicazione.
 - adattatore Ethernet – RS232 e relativo alimentatore
 - cavo di segnale RS 485 e cablaggi relativi.
 - cavo di segnale Ethernet incrociato (cross cable) di cat. 6 minimo, e cablaggi relativi.
 - cavo di segnale RS 232 e cablaggi relativi..

Capo B CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Art.3 Generalità materiali e apparecchi impiegati negli impianti

- Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e avere caratteristiche idonee a resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.
- Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle relative norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano.
- Per i materiali la cui provenienza è prescritta dalle condizioni del presente Capitolato Speciale, potranno pure essere richiesti i campioni, sempre che siano materiali di normale produzione.
- In merito alla scelta dei materiali è raccomandata la preferenza ai prodotti nazionali o comunque a quelli dei Paesi della CE. Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

Art.4 Apparecchiature modulari con modulo normalizzato

Le apparecchiature installate nei quadri di comando e negli armadi devono essere del tipo modulare e componibili con fissaggio a scatto su profilato preferibilmente normalizzato EN 50022 (norma CEI 17-18), a eccezione degli interruttori automatici da 100 A in su che si fisseranno anche con mezzi diversi. In particolare:

gli interruttori automatici magnetotermici da 1 a 100 A devono essere modulari e componibili con potere di interruzione fino a 6000 A, salvo casi particolari;

tutte le apparecchiature necessarie per rendere efficiente e funzionale l'impianto (ad esempio, trasformatori, suonerie, portafusibili, lampade di segnalazione, interruttori programmatori, prese di corrente CE ecc.) devono essere modulari e accoppiabili nello stesso quadro con gli interruttori automatici di cui al punto 1);

gli interruttori con relè differenziali fino a 80 A devono essere modulari e appartenere alla stessa serie di cui ai punti 1) e 2), nonché essere del tipo ad azione diretta;

gli interruttori magnetotermici differenziali tetrapolari con 3 poli protetti fino a 63 A devono essere modulari e dotati di un dispositivo che consenta la visualizzazione dell'avvenuto intervento e permetta preferibilmente di distinguere se detto intervento è provocato dalla protezione magnetotermica o dalla protezione differenziale. È ammesso l'impiego di interruttori differenziali puri purché abbiano un potere di interruzione con dispositivo associato di almeno 4500 A;

il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere garantito sia in caso di alimentazione dai morsetti superiori (alimentazione dall'alto) sia in caso di alimentazione dai morsetti inferiori (alimentazione dal basso).

Art.5 Quadri di comando e distribuzione in lamiera e in materiale isolante

Art.5.1 Quadri di comando e distribuzione in lamiera

I quadri di comando devono essere muniti di profilati per il fissaggio a scatto delle apparecchiature elettriche.

Detti profilati devono essere rialzati dalla base così da consentire il passaggio dei conduttori di cablaggio.

Gli apparecchi installati vanno protetti con pannelli di chiusura preventivamente lavorati per far sporgere l'organo di manovra delle apparecchiature.

I quadri della serie devono essere costruiti in modo tale da poter essere installati da parete o da incasso, senza sportello, con sportello trasparente o in lamiera, con serratura a chiave, a seconda della decisione della Direzione Lavori.

IP 30 è il grado di protezione minimo che deve essere comunque adeguato all'ambiente.

Art.5.2 Quadri di comando e di distribuzione in materiale isolante

Negli ambienti in cui la Committenza lo ritiene opportuno, al posto dei quadri in lamiera, si dovranno installare quadri in materiale isolante.

Questi devono avere attitudine a non innescare l'incendio al verificarsi di un riscaldamento eccessivo secondo la tabella di cui all' Art.134.1.6 della norma CEI 64-8, e comunque, qualora si tratti di quadri non incassati, devono avere una resistenza alla prova del filo incandescente non inferiore a 650 C.

Devono essere costituiti da cassette isolanti, con piastra portapparecchi estraibile per consentire il cablaggio degli apparecchi in officina, essere disponibili con grado di protezione adeguato all'ambiente di installazione e comunque non inferiore a IP 30, nel qual caso il portello deve avere apertura a 180 gradi.

Tali quadri devono consentire un'installazione del tipo a doppio isolamento.

Art.6 Prove dei materiali componenti impianti elettrici

1) Sarà compito della Committenza indicare preventivamente eventuali prove da eseguirsi, in fabbrica o presso laboratori specializzati da precisarsi, sui materiali da impiegarsi negli impianti oggetto dell'appalto.

2) Le spese da sostenere per tali prove non saranno a carico della Committenza.

Essa si assumerà le sole spese per fare eventualmente assistere alle prove propri incaricati.

Art.7 Accettazione materiali elettrici

I materiali per i quali sono stati richiesti i campioni potranno essere posti in opera solo dopo l'accettazione da parte della Committenza.

L'accettazione dovrà avvenire entro 7 giorni dalla presentazione dei campioni, in difetto di che il ritardo graverà sui termini di consegna delle opere.

Le parti si accorderanno per l'adozione, per i prezzi e per la consegna, qualora nel corso dei lavori si dovessero usare materiali non contemplati nel contratto.

L'Appaltatore non dovrà porre in opera materiali rifiutati dalla Committenza, provvedendo quindi ad allontanarli dal cantiere.

Art.8 Bulloni non precaricati

I bulloni non precaricati sono quelli da impiegare in unioni a taglio. Possono essere impiegati bulloni di classe 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8 e 8.8.

Le caratteristiche generali devono essere conformi alla UNI EN 15048-1; le caratteristiche meccaniche delle viti devono essere secondo la UNI EN ISO 898-1, quelle dei dadi secondo la UNI EN 20898-2, le prove d'idoneità d'impiego secondo UNI EN 15048-2. Le rondelle devono avere durezza minima 100 HV secondo UNI EN ISO 6507-1.

Gli accoppiamenti vite-dado-rondella consentiti sono riportati in tabella 1.

I bulloni possono essere in accordo alle UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato) o UNI EN ISO 4017 e 4018 (gambo interamente filettato). Se si adottano bulloni con vite con gambo interamente filettato, occorre avere specifica autorizzazione da parte del Progettista.

E' opportuno l'uso di una rondella al fine di non rovinare il trattamento protettivo con la rotazione del dado.

Tabella 1 – Accoppiamenti vite-dado-rondella per bulloni non precaricati

V	Dado	Rondella
4	4, 5, 6	

5	5, 6 oppure 8	100 HV min.
6	6 oppure 8	
8	8 oppure 10	100 HV min; 300 HV min (*)
10	10 oppure 12	
(*) Per giunti a semplice sovrapposizione con una sola fila di bulloni (cfr. UNI EN 1993-1-8)		

Art.9 Lamiere grecate

Le lamiere grecate devono conformarsi alla norma di prodotto UNI EN 14782: 2006 "Lastre metalliche auto- portanti per coperture, rivestimenti esterni e interni - Specifica di prodotto e requisiti" che fornisce tra l'altro indicazioni delle tolleranze dimensionali. Le tolleranze sullo spessore devono essere secondo la UNI EN 10143:2006 "Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo Tolleranze sulla dimensione e sulla forma. I materiali saranno in conformità alla UNI EN 10346:2009 Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura.

Se sono da impiegare come lamiere collaboranti nel getto di solai composti, il produttore deve dare evidenza di aver effettuato una specifica sperimentazione al fine di determinare la resistenza al taglio longitudinale di progetto $\Lambda_{u,Rd}$ della lamiera grecata. La sperimentazione e la elaborazione dei risultati sperimentali devono essere conformi alle prescrizioni dell'Appendice B.3 della norma UNI EN 1994-1-1:2005.

Art.10 Profilati e lamiere

I profili laminati a caldo, le lamiere ed i profili cavi finiti a caldo o formati a freddo per impiego strutturale devono essere conformi alle norme applicabili indicate in tabella 1.

I prodotti in acciaio strutturale, lamiere e nastri, da usare per la produzione di profilati piegati a freddo devono avere proprietà idonee per le lavorazioni di piegatura a freddo. Gli acciai al carbonio adatti per tale scopo sono elencati in tabella.

Profilati laminati a caldo, lamiere e profili cavi: materiali, dimensioni e tolleranze

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Dimensioni	Tolleranze
Sezioni ad I ed H	UNI EN 10025-1/6 Per quanto applicabili (1)	UNI 5397-5398(3)	UNI EN 10034
Profilati ad I laminati a caldo ad ala rastremata		UNI 5679	UNI EN 10024
Profilati a C o U		UNI EU 54	UNI EN 10279
Angolari		UNI EN 10056-1	UNI EN 10056-2
Sezioni a T		UNI EN 10055	UNI EN 10055
Piatti e lamiere		N/A	UNI EN 10029 (2) UNI EN 10051
Barre		UNI EN 10017, 10058, 10059,	UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Profilati cavi finiti a caldo	UNI EN	UNI EN 10210-2	UNI EN 10210-2
Profilati cavi formati a freddo	UNI EN 10210-1	UNI EN 10219-2	UNI EN 10219-2

NOTE:

Materiali da impiegare:

S235, S275 e S355 JR, J0, J2 e K2 (UNI EN 10025-2, acciai non legati); S275, S355, S420 e S460 N e NL (UNI EN 10025-3, acciai a grana fine); S275, S355, S420 e S460 M e ML (UNI EN 10025-4, acciai a grana fine); S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione miglio- rata).

Tolleranza sullo spessore: Classe B; per serbatoi e ciminiera: Classe C.

Valide soltanto per le dimensioni; per le tolleranze di laminazione vale la UNI EN 10034.

La scelta dei materiali deve essere riportata nei disegni di progetto.

Per i profilati, le lamiere ed i tirafondi deve essere indicata a loro denominazione completa (ad es.: S275 J0 UNI EN 10025-2), come indicato dalle UNI EN 10020 e UNI EN 10027-1 e 2, con indicazione, se applicabile, dei rivestimenti superficiali e del grado di finitura, e della applicabilità della zincatura a caldo. I materiali indicati nel progetto dovranno essere conformi alle prescrizioni applicabili del presente capitolato.

Il Progettista dovrà in particolare indicare il grado dell'acciaio (JR, J0, J2, K2) da adottare, in modo da evitare fragilità negli impieghi alle basse temperature. A tale scopo, per strutture sollecitate in flessione e/o trazione, in funzione degli spessori massimi previsti, dello stato di sforzo e della temperatura di riferimento T_{Ed} , potrà utilizzare la tabella 2.1 della norma UNI EN 1993-1-10. In mancanza di dati più precisi, si potrà assumere per T_{Ed} i valori di -25°C per strutture non protette e -10°C per strutture protette. La suddetta tabella 2.1 vale per elementi tesi, inflessi o tensoinflessi. Per elementi sicuramente sempre compressi si potrà valutare gli spessori massimi utilizzando la stessa tabella ma considerando, indipendentemente dallo sforzo reale, solo la colonna con $>Ed = 0,25 f_y(t)$.

Il Progettista dovrà poi valutare se nel progetto sussiste per alcuni dettagli strutturali il rischio del manifestarsi del fenomeno del *lamellar tearing* (strappo lamellare). In caso positivo, potrà prescrivere l'uso di acciai con caratteristiche di deformazione migliorate nella direzione perpendicolare alla superficie del prodotto, secondo la norma UNI EN 10164. Per i dettagli nei quali è segnalato il rischio di strappo lamellare, l'Appaltatore dovrà dare evidenza di avere adottato idonei procedimenti di saldatura atti a minimizzare tali rischi.

La valutazione può essere fatta calcolando il parametro Z_{Ed} secondo le indicazioni del §3 della norma UNI EN 1993-1-10, e ricavando, con l'ausilio della tabella 3.2 della norma UNI EN 1993-1-1, l'eventuale valore richiesto per la classe Z secondo UNI EN 10164.

Se si sceglie un acciaio con caratteristiche di deformazione migliorate nella direzione perpendicolare alla superficie del prodotto, esso va indicato nei disegni di progetto (ad esempio: S355 J2 UNI EN 10025-2 + Z25 UNI EN 10164).

Per profilati e lamiere da utilizzare in elementi dissipativi di strutture in classe di duttilità bassa o alta (CD"B" e CD"A") in zone a sismicità media o alta, dovrà risultare, dai documenti di controllo che accompagnano la fornitura o da risultati di idonee prove, che il valore della tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ dell'acciaio non superi il valore caratteristico di più del 20%.

Se i componenti devono essere zincati a caldo, al fine di ottenere rivestimenti con aspetto lucido ed omogeneo e con tessitura fine dello strato di zinco, ed allo scopo di evitare il rischio della formazione di rivestimenti eccessivamente spessi, con conseguente possibile danneggiamento del rivestimento in seguito ad urti, è preferibile utilizzare acciai appartenenti alle categorie A e B di cui al prospetto 1 della norma UNI EN ISO 14713-2, e precisamente:

- Categoria A: acciai con contenuto di silicio (Si) $\leq 0,04\%$, e fosforo (P) $< 0,02\%$;
- Categoria B: acciai con contenuto di silicio (Si) $> 0,14\%$ e $\leq 0,25\%$, e fosforo (P) $< 0,035\%$.

Lamiere e nastri per piegatura a freddo: materiali, dimensioni e tolleranze

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Tolleranze
----------	----------------------------------	------------

Acciai strutturali non legati	UNI EN 10025-2	UNI EN 10051
Acciai strutturali a grana fine	UNI EN 10025-3/4	UNI EN 10051
Acciai ad alto limite di snervamento per piegatura a freddo	UNI EN 10149-1/3 UNI EN 10268	UNI EN 10029, 10048, 10051, 10131, 10140
Lamiere di acciaio di qualità struttura- le ridotte a freddo	ISO 4997	UNI EN 10131
Nastri e lamiere di acciaio ad alto limite di snervamento rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo	UNI EN 10346	UNI EN 10143
Prodotti piani di acciaio rivestiti in continuo con materiale organico (nastri rivestiti)	UNI EN 10169	UNI EN 10169
Nastri stretti non rivestiti laminati a freddo di acciaio dolce per formatura a freddo	UNI EN 10139	UNI EN 10048 UNI EN 10140

Parte 2 MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

Art.11 Modo di esecuzione e ordine dei lavori

Tutti i lavori, compresi nell'appalto, dovranno essere eseguiti secondo le migliori regole dell'arte e le prescrizioni impartite al riguardo dalla Direzione dei Lavori, così che gli impianti rispondano perfettamente a tutte le condizioni stabilite nel presente Capitolato Speciale e al progetto.

L'esecuzione dei lavori deve essere coordinata secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori e le esigenze che possono sorgere dalla contemporanea esecuzione di tutte le altre opere affidate ad altre Ditte.

L'Appaltatore è, invece pienamente responsabile degli eventuali danni arrecati, per fatto proprio e dei propri dipendenti, alle opere dell'edificio e/o a terzi.

Salvo preventive prescrizioni della Committenza e del Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore ha facoltà di svolgere le diverse fasi di lavoro nel modo che riterrà più opportuno per darli finiti nel termine contrattuale secondo le regole dell'arte e nel rispetto delle norme di sicurezza e di igiene sul lavoro.

La Direzione dei Lavori e il Coordinatore per l'esecuzione potranno, però, prescrivere, ciascuno nell'ambito delle proprie attribuzioni e competenze un diverso ordine nell'esecuzione dei lavori, ma resta impregiudicata la facoltà dell'Appaltatore di far presenti le proprie osservazioni e riserve nei modi e nei termini prescritti dalle leggi in vigore.

Art.12 Gestione dei lavori

Per ciò che riguarda la gestione dei lavori, dalla consegna sino al collaudo, si farà riferimento alle disposizioni dettate al riguardo dal Regolamento per la direzione, contabilità e collaudazione dei lavori dello Stato e dal Capitolato Generale per gli appalti delle opere dipendenti dal Ministero dei Lavori Pubblici, vigenti all'atto dell'appalto.

Art.13 Lavorazioni d'officina

Art.13.1 Identificazione, documenti d'ispezione e tracciabilità dei prodotti

Le caratteristiche tecniche dei componenti (profilati, lamiere, bulloni, elettrodi, lamiere grecate, grigliati, etc.) approvvigionati per le successive lavorazioni, devono essere documentate in modo da poter controllare se tali componenti soddisfano i requisiti richiesti dalle specifiche e norme applicabili.

I documenti d'ispezione di cui alla UNI EN 10204, relativi ai controlli sui materiali da parte del Produttore, devono essere conformi ai requisiti minimi riportati sulla UNI EN 1090-2 Tabella 1 con la seguente modifica: sono richiesti controlli specifici (documenti d'ispezione del tipo 3.1,

secondo UNI EN 10204), cioè analisi chimiche, prove meccaniche e di resilienza, relativi alle unità di prova specifiche alle quali appartengono i materiali oggetto della fornitura, per tutti gli acciai strutturali di cui alle Tabelle 8.1 e 8.2.

L'officina di trasformazione dell'Appaltatore deve possedere i requisiti di legge stabiliti nel paragrafo 11.3.1.7 delle NTC.

Per le classi di esecuzione EXC3 ed EXC4 deve essere garantita la tracciabilità completa dei componenti, dal momento dell'approvvigionamento e ingresso in officina al momento della spedizione in cantiere e montaggio. Ogni componente cioè, contraddistinto da una marca nei disegni costruttivi d'officina, deve poter essere collegato, in tutte le parti principali costituenti la marca completa, al corrispondente lotto di fornitura ed ai documenti d'ispezione ad esso legati. L'Appaltatore deve essere dotato di un sistema di acquisizione, trattamento ed archiviazione di tali dati.

La tracciabilità completa dovrà in particolare essere garantita per ogni parte costituente un componente da impiegare come elemento dissipativo in una struttura calcolata secondo le regole del *capacity design* in zone a media o alta sismicità.

Per le classi di esecuzione EXC1 ed EXC2 si dovrà garantire che i materiali in ingresso (lamiere, profilati, bulloni, etc.) siano riconducibili ai rispettivi documenti d'ispezione di cui alla UNI EN 10204. Non è richiesta la tracciabilità dei singoli pezzi lavorati.

Art.13.2 Marcatura delle strutture

Ciascun componente deve essere identificabile ad ogni stadio della lavorazione. I componenti completati devono essere marcati in modo permanente, senza danneggiare il materiale, in modo da essere chiaramente identificabili. Per acciai di classe inferiore o uguale alla S355, possono essere impiegate incisioni, ad eccezione dei casi indicati nelle specifiche di produzione. Qualora nei disegni di progetto, o nelle informazioni di fabbricazione siano individuate delle zone sulla struttura in acciaio non marcabili, esse devono essere lasciate libere da ogni sorta di marcatura o incisione.

Art.13.3 Movimentazione e stoccaggio

Le strutture in acciaio devono essere imballate, movimentate e trasportate (in relazione ai casi) con cura, in maniera tale da non provocare deformazioni permanenti e minimizzare eventuali danni superficiali. Particolare cura deve essere posta per irrigidire le estremità libere e proteggere le superfici lavorate. Le misure preventive riportate nella Tabella 8 della UNI EN 1090-2 vanno applicate se pertinenti.

Art.13.4 Taglio

Il taglio e la preparazione dei lembi dell'acciaio possono essere ottenuti mediante utilizzo di sega a disco, trancitura, taglio automatico, piallatura, fresatura o altri tipi di lavorazioni. Il taglio manuale può essere impiegato solamente qualora sia impraticabile l'utilizzo del taglio automatico.

I bordi dovuti ai tagli termici che sono privi di notevoli irregolarità possono essere accettati senza ulteriori trattamenti, eccetto la rimozione delle sbavature. Diversamente, i bordi devono essere levigati per rimuovere le eventuali irregolarità. I livelli accettabili della qualità del taglio, definiti in accordo alla UNI EN ISO 9013, sono riportati nella Tabella 9 della UNI EN 1090-2 per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4.

Gli intagli non possono essere a spigoli vivi. Essi devono essere raccordati con raggio di curvatura di 5 mm per classi di esecuzione EXC2 ed EXC3, e di 10 mm per classe di esecuzione EXC4.

Sono da evitare le operazioni di taglio in componenti già sottoposti a zincatura a caldo. Se comunque tali operazioni vengono effettuate, si deve procedere ad un idoneo ripristino della zincatura.

Art.13.5 Formatura

La curvatura o il raddrizzamento degli elementi durante la produzione possono essere eseguiti secondo uno dei seguenti metodi:

Meccanicamente, avendo cura di ridurre al minimo le intaccature o le variazioni della sezione trasversale;

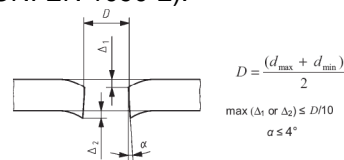
Mediante applicazioni locali di calore, garantendo che la temperatura del metallo sia accuratamente controllata. Per le strutture in classe EXC3 ed EXC4 deve essere sviluppata una procedura e devono essere eseguiti dei casi-test per poterla approvare.

Utilizzando un processo di calandratura, nel caso in cui la procedura utilizzata comprenda il controllo accurato della temperatura e sia validata anticipatamente in termini di mantenimento delle proprietà meccaniche dell'elemento curvato o raddrizzato. Profili piegati a freddo che raggiungono lo sforzo nominale di snervamento a seguito del processo di piegatura, non possono essere sottoposti a questo trattamento.

Art.13.6 Forature

La punzonatura completa del foro è permessa se le seguenti condizioni sono soddisfatte:

la tolleranza sulla distorsione del foro punzonato non deve eccedere i limiti indicati nella figura seguente (tratta dal §6.6.3 della UNI EN 1090-2):



i fori devono essere privi di sbavature che potrebbero ostacolare l'assemblaggio delle parti quando messe a contatto;

lo spessore degli elementi non deve essere maggiore del diametro del foro punzonato.

Particolare attenzione va riservata alle operazioni di foratura in componenti da zincare a caldo, controllando accuratamente che i bordi dei fori punzonati siano esenti da microfratture che vanno eventualmente rimosse, ed eliminando eventuali ribave.

Sono da evitare le operazioni di foratura in componenti già sottoposti a zincatura a caldo. Se comunque tali operazioni vengono effettuate, si deve procedere ad un idoneo ripristino della zincatura.

Per gli elementi in classe di esecuzione EXC3 ed EXC4 la punzonatura deve essere eseguita garantendo che i fori presentino un diametro inferiore di 2 mm rispetto alla dimensione richiesta e che siano successivamente alesati fino ad ottenere il diametro finale richiesto per l'assemblaggio.

I fori asolati possono essere realizzati per punzonatura, per taglio termico o per mezzo di trapanatura, eseguendo due fori ed asportando per taglio la parte fra di essi.

I diametri dei fori devono essere in accordo alla NTC, e precisamente:

I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato di 1 mm fino a 20 mm di diametro, e di 1,5 mm per bulloni di diametro maggiore di 20 mm.

Se concordato con il Committente e/o il Progettista e/o il Direttore dei Lavori, si possono adottare i diametri dei "fori normali" stabiliti dalla UNI EN 1090-2 e riportati in tabella.

Giochi foro-bullone secondo EN 1090-2 – Valori in [mm]

Diametro nominale	12	14	16	18	20	22	24	27 e
Fori normali	1	2						3
Fori maggiorati	3	4				6	8	
Asole corte	4	6				8	10	
Asole lunghe	1,5							

La tolleranza ammessa sul diametro dei fori è di $\pm 0,5$ mm, dove per diametro si intende la media dei diametri misurati sulle due facce.

Le tolleranze ammesse sulla posizione dei fori rispetto agli assi teorici di foratura sono riportate nelle tabelle 9 e 16 dell'Art.16.

Se l'Appaltatore approvvigiona componenti prelaborati (componenti tagliati a misura e forati) da un Centro Servizi, questo deve fornire, insieme al materiale lavorato, un documento di ispezione che certifichi il rispetto per le forature eseguite delle tolleranze di diametro e posizione sopra riportate. I controlli dovranno essere effettuati sul 25% almeno dei fori. Tale documento, consegnato dal Centro Servizi all'Appaltatore, dovrà da questi essere consegnato al Committente ed al Direttore dei Lavori. In mancanza di tale documento, l'Appaltatore dovrà farsi carico di redigerlo e di eseguire i controlli relativi.

Art.13.7 Assemblaggio e premontaggi

Le parti da assemblare devono essere posizionate in modo tale da realizzare un contatto stabile, conforme ai requisiti di assemblaggio o di vincolo richiesti.

È consentita una lieve variazione della posizione dei fori al fine di permettere l'allineamento dei diversi elementi, ma ciò non deve causare danni o distorsioni all'assemblaggio finale. Qualora le parti non possano essere unite senza movimenti che possono causare la distorsione della struttura metallica, nel caso in cui il progetto della connessione consenta l'utilizzo di fori e bulloni di diametro maggiore, si prevede una rettifica che può essere fatta mediante alesatura dei fori.

Per garantire la certezza di poter correttamente assemblare in opera i componenti bullonati, l'Appaltatore deve mettere in atto gli opportuni accorgimenti, in funzione della importanza dell'opera e della criticità dell'accoppiamento, quali:

- ricorso a dime di posizionamento;
- rilievi accurati tridimensionali della posizione dei fori con adeguati strumenti;
- premontaggi parziali o totali.

Il Committente e/o il Progettista, o il Direttore dei lavori possono richiedere all'Appaltatore il premontaggio in officina di parti di struttura, in funzione delle criticità di montaggio individuate.

Se il Committente non affida all'Appaltatore il montaggio in opera delle strutture, l'Appaltatore deve consegnare al Committente ed al Direttore dei Lavori, oltre a tutta la documentazione d'obbligo richiamata al §11.3 delle NTC, una Dichiarazione di Conformità al Montaggio delle strutture, dove si elencano i controlli eseguiti al fine di garantire la fattibilità del montaggio.

Art.14 Saldatura

Art.14.1 Generalità saldatura

L'Appaltatore deve garantire di effettuare saldature con adeguato livello di qualità, come definito nella norma UNI EN ISO 3834, ed in funzione della classe di esecuzione delle strutture, secondo quanto riportato in tabella. Tali prescrizioni non devono comunque risultare meno cautelative di quelle della tabella 11.3.XI delle NTC.

Requisiti di qualità applicabili

Classe	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4

Requisiti di qualità	Elementare ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Esteso EN ISO 3834-2	Esteso EN ISO 3834-2
----------------------	-----------------------	---------------------	----------------------	----------------------

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 e EXC4 il coordinamento delle attività di saldatura deve essere mantenuto da appositi Coordinatori di Saldatura, qualificati secondo UNI EN ISO 14731.

Con riferimento alle operazioni di saldatura da supervisionare, i coordinatori di saldatura devono avere il livello di conoscenza prescritto in tabella.

Livello di conoscenza tecnica di Coordinatori di Saldatura secondo UNI EN ISO 14731

Acciaio	Spessori [mm]		
	$t \leq 25$ (1)	$25 < t \leq 50$ (2)	$t > 50$
S235-S355	B	S	C (3)
S420-S700	S	C (4)	C
S235-S355	S	C	C
S420-S700	S	C	C
Tutti	C	C	C

NOTE:
 B = di base; S = specifico; C = completo
 Piastre di base delle colonne ≤ 50 mm
 Piastre di base delle colonne ≤ 75 mm
 Per acciai S235-S275 è sufficiente il grado S
 Per acciai di qualità N, NL, M, ML è sufficiente il grado S

Tutte le giunzioni saldate devono essere eseguite con procedimenti qualificati. L'Appaltatore deve sviluppare delle idonee Specifiche di Saldatura (WPS) per ciascuna delle procedure che intende adottare secondo UNI EN ISO 15609. Le procedure devono essere qualificate secondo quanto prescritto da UNI EN ISO 15613, UNI EN ISO 15614-1 e UNI EN ISO 14555.

L'Appaltatore deve fornire al Committente ed al Direttore dei Lavori un Piano della Saldatura che contenga, oltre le WPS, i seguenti requisiti: misure da prendere per evitare distorsioni degli elementi durante e dopo la saldatura, requisiti per controlli intermedi, sequenze di saldatura, rotazione dei pezzi durante la saldatura, dettagli dei vincoli da applicare, misure per evitare il *lamellar tearing*, speciali accorgimenti ed attrezzature per i materiali di consumo, requisiti di accettazione delle saldature, requisiti per l'identificazione delle saldature, requisiti relativi ai trattamenti superficiali dei pezzi da saldare.

I principali procedimenti di saldatura ammessi sono:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica in gas protettivo a filo pieno e/o filo animato;
- saldatura automatica dei connettori (*stud welding*).

Le saldature testa a testa, prima di essere riprese dalla parte opposta devono essere solcate a rovescio con mola o con *arc air* seguito da molatura.

Art.14.2 Qualifica dei saldatori

Tutti i saldatori impiegati devono essere certificati e qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1, gli operatori secondo la UNI EN 14732. A deroga parziale della norma UNI EN 9606-1, i

saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Le operazioni di saldatura per classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, devono essere coordinate da apposito personale di coordinamento qualificato per lo scopo e dotato della necessaria esperienza nei procedimenti di saldatura, come prescritto dalla tabella 2 riportata nell' Art.14.1.

Art.14.3 Preparazione dei lembi

I lembi devono essere preparati in modo conforme alle preparazioni usate nei test di validazione delle WPS. Le superfici da saldare devono essere asciutte e libere da ogni sostanza che possa compromettere la qualità della saldatura (ruggine, materiali organici o zincatura). Esse devono risultare prive di fessurazione visibile.

Esempi di preparazione dei lembi sono riportate nelle norme UNI EN ISO 9692-1 e UNI EN ISO 9692-2. Deve essere eseguito il controllo visivo secondo UNI EN ISO 17637 sul 100% dei lembi da saldare, al fine di accertare lo stato delle superfici, l'assenza di difetti affioranti e la corretta pulizia. Eventuali discontinuità riscontrate sul cianfrino devono essere riparate mediante molatura o molatura e saldatura, in accordo ai criteri riportati sulla tabella 0.3.2.3 delle AWS D.1.1.

Il controllo dimensionale deve essere eseguito sul 100% dei lembi, al fine di accertare la corretta geometria ed il rispetto delle tolleranze dimensionali.

Per i cianfrini di lamiera di spessore superiore od uguale a 40 mm, o anche per spessori minori se l'esame visivo lo consigliasse, e comunque su cianfrini per saldature a completa penetrazione, deve essere eseguito sull'intero sviluppo controllo magnetoscopico (preferenziale) o con liquidi penetranti (alternativo).

Art.14.4 Materiali di consumo

I materiali di consumo per saldature devono essere conservati secondo le prescrizioni del Produttore. Elettrodi e flussi per arco sommerso, salvo diversa indicazione da parte del Produttore, devono essere essiccati, se previsto, a 300-400 °C, quindi mantenuti in forno a temperatura di almeno 150 °C e conservati durante le operazioni di saldatura in fornetti portatili a non meno di 100 °C.

Gli elettrodi non usati devono essere essiccati ancora. L'essiccazione non può essere ripetuta più di due volte.

Art.14.5 Controlli non distruttivi delle saldature

I controlli non distruttivi (NDT) delle saldature devono essere eseguiti da personale qualificato secondo il livello 2 definito dalla UNI EN 473.

I controlli da eseguire sono in genere:

- controlli volumetrici: ultrasonici (UT) secondo UNI EN ISO 17640:2011 e UNI EN ISO 23279:2010, o radiografici (RT) secondo UNI EN ISO 17636:2013 (di massima solo per saldature a completa penetrazione, salvo se diversamente indicato);
- controlli superficiali: magnetoscopici (MT) secondo UNI EN ISO 17638:2010, o con liquidi penetranti (PT) secondo UNI EN ISO 3452-1:2013 (per saldature a completa penetrazione, parziale penetrazione e a cordoni d'angolo).

Il controllo visivo deve essere eseguito sul 100% delle saldature, con lo scopo di rilevare eventuali difetti di profilo e/o irregolarità superficiali. Se vengono trovati difetti, essi vanno investigati mediante successivi controlli MT o PT.

Per le strutture in classe di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, vanno comunque effettuati dei controlli sia superficiali (preferibilmente MT, o PT in alternativa) che volumetrici (UT), nella percentuale dello sviluppo totale delle saldature indicata nelle tabelle a oppure b. Indicando con $p\%$ l'entità percentuale di cui alle suddette tabelle, si possono applicare, in assenza di altri criteri, le regole seguenti:

- ciascuna saldatura del lotto di esame deve essere esaminata per una lunghezza minima $p\%$ della singola lunghezza. La zona da esaminare deve essere scelta sulla base della verifica visiva;

- se la lunghezza totale di tutte le saldature di un lotto di esame è minore di 900 mm, almeno una saldatura deve essere esaminata per l'intera lunghezza indipendentemente dal valore $p\%$;
- se un lotto di esame è costituito da parecchie saldature identiche, ciascuna di lunghezza minore di 900 mm, si devono esaminare per l'intera lunghezza un certo numero di saldature scelte a caso per una lunghezza totale minima $p\%$ della lunghezza totale di tutte le saldature del lotto di esame.

I controlli non potranno essere di entità inferiore a quanto previsto in tabella a, in linea con le prescrizioni della UNI EN 1090-2. Per strutture di particolare impegno, su richiesta del Cliente e/o del Direttore dei Lavori e/o del Collaudatore, possono essere prescritti i controlli di cui alla tabella b, o anche di entità maggiore, se ritenuto opportuno in base alle caratteristiche dell'opera.

a – Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature

Tipologia di saldatura	Contro					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC	EXC3	EXC4	EXC	EXC	EXC4
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a croce	10%	20%	100%	-	-	-
Saldatura longitudinale a completa penetrazione o a cordoni d'angolo tra la piattabanda superiore e l'anima di travi di	10%	20%	100%	10%	20%	100%
Giunti a parziale penetrazione a T	5%	10%	50%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato > 12 mm e/o su spessore > 20 mm	5%	10%	20%	-	-	-
Saldature a cordoni d'angolo di lato ≤ 12 mm e/o su spessore ≤ 20 mm	-	5%	10%	-	-	-

b – Estensione dei controlli non distruttivi per saldature di strutture di particolare impegno

Tipologia di saldatura	Cont					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC	EXC3	EXC	EXC	EXC3	EXC4
Giunti testa a testa o a T a completa penetrazione	25%	50%	100%	25%	50%	100%
Giunti a parziale penetrazione	10%	20%	100%	5% (*)	10% (*)	20% (*)
Saldatura longitudinale a completa penetrazione o a cordoni d'angolo tra la piattabanda superiore e l'anima di travi di	25%	50%	100%	25%	50%	100%
Saldature a cordoni d'angolo	5%	10%	20%	5% (**)	10% (**)	20% (**)
(*) Se la profondità di penetrazione della saldatura è ≥ 8 mm. (**) Per cordoni d'angolo di lato ≥ 20 mm. (***) I controlli RT, in alternativa ai controlli UT, potranno essere impiegati preferibilmente in giunti testa a testa con spessori minori o uguali a 20 mm.						

Nel caso in cui si rilevi un difetto volumetrico, il controllo va esteso per un metro a cavallo della posizione di esso, o a due giunti vicini se l'estensione della saldatura è minore di un metro. Nel caso di difetti planari, il controllo va esteso al 100% del giunto, o dei giunti contigui dello stesso tipo, se l'estensione delle saldature è limitata.

Per le saldature a completa penetrazione effettuate in cantiere, l'estensione dei controlli da applicare è la seguente:

- Controlli MT / PT: 100%
- Controlli UT / RT: 100%

L'esecuzione di tali controlli va programmata in accordo con il Direttore dei Lavori.

Tutte le lamiere costituenti le piastre di base e tutte le lamiere di spessore maggiore o uguale a 60 mm devono essere controllate con ultrasuoni per la ricerca di eventuali sfogliature o sdoppiature. I controlli devono essere in accordo con la UNI EN 10160 classe S2 per il corpo della lamiera e classe E3 per i bordi. Prescrizioni più severe (S3 per la lamiera e E4 per i bordi) potranno essere richieste in casi particolari.

Per le classi di esecuzione EXC3 ed EXC4 devono essere controllati con classe S1 tutti i giunti cruciformi nei quali una lamiera trasmette prevalentemente sforzi di trazione attraverso un'altra lamiera di spessore quattro volte maggiore.

Art.14.6 Criteri di accettabilità delle saldature

I criteri di accettabilità delle saldature sono i seguenti, con riferimento alla norma UNI EN ISO 5817:

- Livello di qualità C per la classe di esecuzione EXC1 ed EXC2;
- Livello di qualità B per la classe di esecuzione EXC3;
- Livello di qualità B per la classe di esecuzione EXC4 più i requisiti aggiuntivi della tabella 17 della norma UNI EN 1090-2.

Tutti i giunti non conformi ai criteri di accettabilità devono essere riparati. Le attività di riparazione devono essere eseguite nel seguente modo:

- asportazione del difetto e rifinitura con mola;
- verifica dell'eliminazione del difetto mediante MT, secondo UNI EN ISO 17638:2010;
- esecuzione della saldatura di riparazione secondo WPS approvata;
- controllo della saldatura di riparazione mediante lo stesso metodo di NDT con cui era stato rilevato il difetto;
- emissione del certificato di riparazione.

Se vengono riscontrati tratti di saldatura non conformi ai criteri di accettabilità, occorre eseguire ulteriori controlli, per esempio secondo i criteri dell'Appendice C della UNI EN ISO 17635:2010.

Art.15 Bullonatura

Art.15.1 Generalità bullonatura

Non possono essere impiegati bulloni strutturali di diametro inferiore all'M12.

Nei bulloni non precaricati la lunghezza del gambo deve essere scelta in modo tale che, dopo il serraggio, almeno un giro completo del filetto sia visibile tra il dado e la parte non filettata del gambo, ed almeno un filetto sia visibile tra la faccia esterna del dado e il termine del gambo.

Nei bulloni precaricati tipo HR (UNI EN 14399-3 e UNI EN 14399-7) dopo il serraggio devono essere visibili almeno quattro filetti completi tra la superficie di serraggio del dado e l'inizio del gambo non filettato.

Nei bulloni precaricati tipo HV (UNI EN 14399-4 e UNI EN 14399-8) lo spessore di serraggio deve essere in accordo alla tabella A.1 della norma UNI EN 14399-4.

Per i bulloni non precaricati è richiesta una sola rondella sotto il dado, o comunque sotto la parte (dado o testa) che viene ruotata per il serraggio.

Per i bulloni classe 8.8, se usati come precaricati, si richiede l'uso di una sola rondella sotto la parte (testa o dado) che viene ruotata: smussata se sotto la testa (in accordo a UNI EN 14399-6), piana se sotto il dado (UNI EN 14399-5).

Per i bulloni 10.9, se usati come precaricati, si richiede l'uso di 2 rondelle: una smussata sotto la testa (secondo UNI EN 14399-6) ed una piana sotto il dado (secondo UNI EN 14399-5).

I bulloni non precaricati devono avere un tratto non filettato di lunghezza tale che le sezioni di taglio (tra un elemento collegato e l'altro) rientrino in tale tratto. L'eventuale uso di bulloni non precaricati con il gambo totalmente filettato deve essere subordinato alla approvazione del Progettista. Deve essere lasciata evidenza di tale approvazione. La lunghezza del gambo di tali bulloni dovrà consentire che, dopo il serraggio, rimanga almeno un passo del filetto tra la fine del gambo e la faccia del dado.

Art.15.2 Serraggio dei bulloni precaricati

Il serraggio dei bulloni precaricati deve generare nel gambo una forza di precarico $F_{p,C}$ pari a:

$$F_{p,C} = 0,7 \times f_{ub} \times A_S$$

Dove f_{ub} è la tensione nominale di rottura dei bulloni ed A_S è l'area netta del gambo.

Per generare tale precarico deve essere applicata una coppia di serraggio M_r pari a:

$$M_r = k \times d \times F_{p,C}$$

Dove d è il diametro nominale del gambo e k è il *coefficiente di rendimento di coppia* che deve essere determinato sperimentalmente dal Produttore e indicato sulla confezione dei bulloni. In accordo alla UNI EN 14399-1 il Produttore può indicare il coefficiente k secondo uno dei tre metodi seguenti:

K0: nessuna indicazione per il valore k ;

K1: indicato campo di variabilità di k da un minimo ad un massimo (deve essere: $0,10 \leq k \leq 0,16$);

K2: indicato valor medio k_m più coefficiente di variazione V_k (deve essere: $0,10 \leq k_m \leq 0,23$; $V_k \leq 0,10$),

La modalità K0 non è ammessa con i bulloni HR ed HV, a meno che non vengano impiegati con rondelle ad indicazione di carico (DTI), secondo UNI EN 14399-9.

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati, per i bulloni di classe 8.8 e 10.9, per i diametri da 12 a 36 mm e per i valori di k da 0,10 a 0,16, i valori della coppia di serraggio M_r da applicare.

1 – Coppie di serraggio per bulloni 8.8 UNI EN 14399 [Nm]

Bulloni 8.8			
Diam.	A_S [mm ²]	$F_{p,C}$ [kN]	0,10
12	84,3	47,2	56,6
14	115	64,4	90,2
16	157	87,9	140,7
18	192	107,5	193,5
20	245	137,2	274,4
22	303	169,7	373,3
24	353	197,7	474,4
27	459	257,0	694,0
30	561	314,2	942,5
36	817	457,5	1647,1

2 – Coppie di serraggio per bulloni 10.9 UNI EN 14399 [Nm]

Bulloni 10.9			
Diam.	As[mm,]	F _{p,c} [kN]	0,10
12	84,3	59,0	70,8
14	115	80,5	112,7
16	157	109,9	175,8
18	192	134,4	241,9
20	245	171,5	343,0
22	303	212,1	466,6
24	353	247,1	593,0
27	459	321,3	867,5
30	561	392,7	1178,
36	817	571,9	2058,

Possono essere applicati i seguenti metodi di serraggio:

- *Metodo della coppia* (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K2): si serrano con chiave dinamometrica tutti i bulloni di una connessione a circa $0,75 M_R$, poi in un secondo passo a $1,1 M_R$. Nel calcolare M_R si applica il valore medio del coefficiente k fornito.
- *Metodo combinato* (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K1 o K2): si serrano con chiave dinamometrica tutti i bulloni di una connessione a circa $0,75 M_R$, poi si impone una rotazione al dado che, a seconda degli spessori serrati dal bullone, vale:

60° per $t < 2d$
 90° per $2d \leq t \leq 6d$
 120° per $6d \leq t \leq 10d$

Dove t è la somma degli spessori da serrare, comprese le rondelle.

Se è disponibile una procedura del Produttore relativa al serraggio dei bulloni e/o ai controlli da effettuare durante e dopo il serraggio, essa dovrà essere applicata.

- *Metodo dell'indicatore diretto della pretensione DTI* (da usare quando il coefficiente k è fornito in modalità K0, K1 o K2), consistente nell'uso di speciali rondelle comprimibili secondo UNI EN 14399-9, e in accordo a quanto prescritto nell'Appendice J della UNI EN 1090-2, e/o in conformità alle prescrizioni del Produttore.
- *Metodo HRC*, da usare con bulloneria HRC secondo UNI EN 14399-10, in accordo al §8.5.5 delle UNI EN 1090-2 e/o in conformità alle prescrizioni del Produttore.

Le chiavi dinamometriche usate per il serraggio dei bulloni precaricati devono avere una precisione di $\pm 4\%$ con il metodo della coppia e di $\pm 10\%$ con il metodo combinato, secondo UNI EN ISO 6789, e devono essere sottoposte a taratura in accordo a quanto prescritto dalla norma citata. L'Appaltatore deve consegnare al Direttore dei Lavori il certificato attestante l'avvenuta taratura.

3- Coefficienti d'attrito ' in funzione del trattamento superficiale

Trattamento superficiale	'
Superfici sabbiate, esenti da qualsiasi incrostazione di ruggine, non pitturate	0,50
Superfici sabbiate con applicazione a spruzzo di <i>primer</i> a base di alluminio o zinco	0,40
Superfici pulite con spazzolatura a filo o con pulitura a fiamma, con rimozione di tutta la ruggine libera	0,30
Superfici non trattate	0,20

Le superfici di contatto per unioni ad attrito devono essere prive di sostanze quali olio, pittura, sporco che possano ridurre il coefficiente di attrito. Il coefficiente d'attrito ' da assumere sarà

conforme ai valori riportati in tabella 3.

Il Progettista deve fornire all'Appaltatore i valori dei coefficienti d'attrito che ha usato nel calcolo delle connessioni ad attrito, se presenti. L'Appaltatore deve preparare le superfici in modo da poter raggiungere valori non minori di quelli richiesti.

L'adozione di giunzioni ad attrito per connettere elementi zincati a caldo non è in genere ammessa.

Se comunque, in condizioni particolari e per espressa indicazione da parte del Progettista, si adottano giunzioni ad attrito con elementi zincati, occorre trattare le superfici zincate in modo opportuno, mediante spazzolatura o leggera sabbiatura per rimuovere lo strato superficiale di zinco puro (zincatura lucida) ed esporre gli strati di lega zinco-ferro sottostanti. E' altresì necessario procedere alla determinazione sperimentale del coefficiente di attrito, in accordo all'Annex G della norma UNI EN 1090-2. Il Progettista dovrà verificare le connessioni usando un coefficiente d'attrito non superiore a quello determinato sperimentalmente.

Art.15.3 Serraggio dei bulloni non precaricati

Prima dell'inizio delle operazioni di serraggio tutte le connessioni devono essere sottoposte a controllo visivo.

I bulloni non precaricati devono essere avvitati fino a portare le parti che costituiscono il giunto a pieno contatto. Quindi i bulloni devono essere serrati con la normale forza che un uomo riesce ad applicare usando una chiave senza prolunga. Speciale cura deve essere posta nel serraggio dei bulloni di basso diametro per evitare il raggiungimento della tensione di snervamento. In alternativa i bulloni non precaricati soggetti a trazione possono essere serrati applicando le coppie di cui alla tabella 1, mentre quelli soggetti solo a taglio possono essere serrati applicando le coppie di cui alla tabella 2.

Tali coppie sono state calcolate con un coefficiente $k = 0,20$. Se per i bulloni di classe 8.8 è specificato un valore di k diverso, si dovranno calcolare gli opportuni valori.

Tali coppie sono da applicarsi per bulloni bruniti. Per bulloni zincati i valori vanno ridotti del 25%.

Tabella 1 – Coppie di serraggio per bulloni non precaricati soggetti a trazione [Nm]

A _s [mm ₂]	Classe bullone					
	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
84.3	39	45	48	57	68	91
115	62	72	77	90	108	144
157	96	113	121	141	169	225
192	133	155	166	194	232	310
245	188	220	235	274	329	439
303	256	299	320	373	448	597
353	325	380	407	474	569	759
459	476	555	595	694	833	1110
561	646	754	808	943	1131	1508
817	1130	1318	1412	1647	1976	2635

Tabella 2 – Coppie di serraggio per bulloni non precaricati soggetti solo a taglio [Nm]

	A _s [mm ₂]	Classe bullone					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
1	84.3	31	36	39	45	54	73
1	115	50	58	62	72	86	115
1	157	77	90	97	113	135	180
1	192	106	124	133	155	186	248

2	245	150	176	188	220	263	351
2	303	205	239	256	298	358	478
2	353	260	304	325	379	455	607
2	459	381	444	476	555	666	888
3	561	517	603	646	754	905	1206
3	817	904	1054	1130	1318	1581	2108

Art.15.4 Controllo del serraggio dei bulloni precaricati

Per le unioni ad attrito in classe di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4, devono essere svolti controlli durante e dopo il serraggio dei giunti, secondo quanto prescritto nella tabella 1.

Tabella 1 – Prescrizioni per il controllo del serraggio dei bulloni precaricati

FASE	ESTENSIONE	AZIONE
Ispezione delle superfici	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo
Connessioni prima del serraggio	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo – Eventuali aggiustaggi mediante spessoramento
	EXC2, EXC3 ed EXC4	Controllo dei certificati di taratura delle chiavi dinamometriche
Metodo della coppia 2. fase	EXC2 : 5% EXC3, EXC4: 10%	Applicazione con chiave dinamometrica di 1,05 <i>M</i> e verifica che ci sia un inizio di rotazione; se rotazione > 15° il bullone deve essere serrato ancora
Metodo combinato 1. fase	EXC2 : --- EXC3, EXC4: 5%	Applicazione con chiave dinamometrica di 0,75 <i>M</i> e verifica che ci sia un inizio di rotazione; se rotazione > 15° il bullone deve essere serrato ancora
Metodo combinato 2. fase	EXC2 : 5% EXC3, EXC4: 10%	Se l'angolo di rotazione è sotto il valore specificato di più di 15°, correggere l'angolo; se l'angolo di rotazione è sopra il valore specificato di più di 30°, sostituire il bullone.

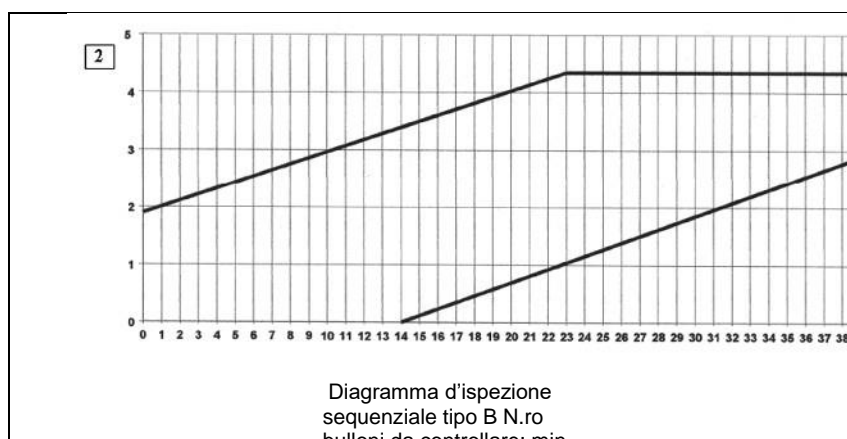
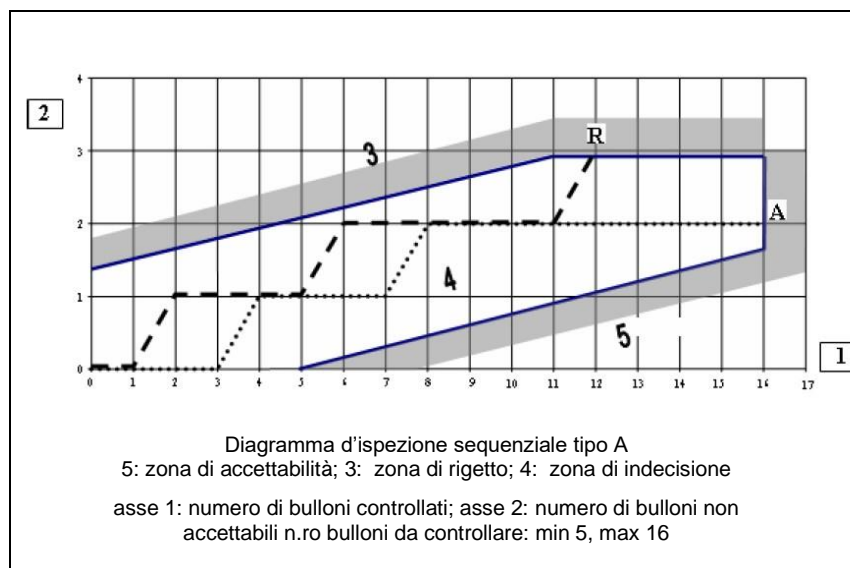
I controlli sul serraggio, nella misura stabilita in tabella 1, vanno eseguiti secondo il metodo sequenziale illustrato in tabella 2, impiegando il diagramma tipo A per le classi di esecuzione EXC2 ed EXC3, e il diagramma tipo B per la classe di esecuzione EXC4.

Esempi d'uso del diagramma d'ispezione tipo A.

Linea punteggiata: il controllo dei primi 3 bulloni ha dato esito positivo, il 4° negativo, il 5°, 6° e 7° ancora positivo, il controllo è continuato dall'8° al 14° bullone con esito positivo, finché la linea punteggiata ha incrociato la linea di confine verticale. Il risultato globale è: accettazione.

Linea tratteggiata: il primo bullone è risultato positivo, il 2° negativo, il 3°, 4° e 5° positivi, il 6° negativo, dal 7° all'11° positivi, il 12° negativo. La linea tratteggiata ha intersecato il confine nella zona di rigetto, perciò il risultato globale è: rigetto.

Tabella 2– Diagrammi d'ispezione sequenziale per il controllo del serraggio dei bulloni pretesi



Art.16 Tolleranze di fabbricazione

Le tolleranze di fabbricazione definite “essenziali” di cui alla UNI EN 1090-2, §11.1 e tabelle D.1.1 – D.1.10, sono quelle il cui mancato rispetto può alterare alcune ipotesi sulle quali le strutture sono state calcolate. Esse devono essere in ogni caso rispettate nel corso del processo di fabbricazione. Per i componenti per i quali risultasse il mancato rispetto di una o più di tali limiti, dovrà essere emessa una azione di non conformità ed esaminate le opportune azioni correttive da intraprendere, che potrebbero consistere anche soltanto in un ricalcolo dell'elemento strutturale interessato, che dimostri, nonostante le non conformità geometriche, comunque il rispetto dei requisiti di stabilità e resistenza stabiliti dalle norme. Delle non conformità e della azione correttiva adottata dovrà essere data comunicazione al Committente e al Direttore dei Lavori.

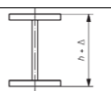
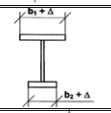
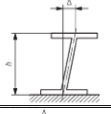
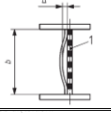
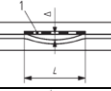
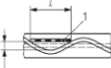
Le tolleranze di fabbricazione “funzionali” di cui alla UNI EN 1090-2 tabelle D.2.1 – D.2.13 sono quelle che attengono ai problemi di compatibilità con altri materiali, di estetica, etc. L'Appaltatore (se si è scelta la modalità di progettazione A) o il Progettista per conto del Committente (se si è scelta la modalità B o C) devono scegliere, tra tali tolleranze, la classe più opportuna (1 o 2, con prescrizioni più restrittive passando dalla prima alla seconda) per le strutture, o per parti di esse, in funzione della tipologia delle strutture e delle inter- facce con altri elementi strutturali o non strutturali.

La scelta del livello di tolleranze adottato è

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le principali tolleranze di fabbricazione, sia essenziali

che funzionali, da rispettare.

Tabella 1 - Profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Altezza globale h	$\Delta = -\frac{h}{50}$ nessun valore positivo
2	 Larghezza delle flange ($b = b_1$ o b_2)	$\Delta = -\frac{b}{100}$ nessun valore positivo
3	 Verticalità dell'anima agli appoggi, per componenti senza irrigidimenti agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{h}{200}$ $ \alpha \leq \alpha_c$ (°) (t_w = spessore anima)
4	 Deviazione Δ sull'altezza dell'anima b	$\Delta = \pm \frac{b}{200}$ se $b/t_w \leq 80$ $\Delta = \pm b^2 \left\{ \frac{1}{16000t_w} \right\}$ se $80 \leq b/t_w \leq 200$ $\Delta = \pm b/80$ se $b/t_w > 200$ $ \alpha = \alpha_c$
5	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (distorsione dell'anima)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \alpha = \alpha_c$
6	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (ondulazione dell'anima)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \alpha = \alpha_c$

(*) (Nota generale) Una espressione del tipo: " $\Delta = \pm h/200$; $|\alpha| = \alpha_c$ " significa: il maggiore tra i 2 valori calcolabili per Δ , $h/200$ oppure α_c , è accettabile

Tabella 2 - Flange di profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali

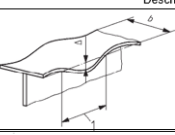
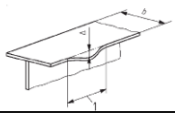

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$ se $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2 \left\{ \frac{1}{3000t} \right\}$ se $b/t \geq 20$ t = spessore flangia
2	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$ se $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2 \left\{ \frac{1}{3000t} \right\}$ se $b/t \geq 20$ t = spessore flangia
3	 Deviazione Δ delle singole flange dalla rettilineità	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 3 - Flange di profili scatolati saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali

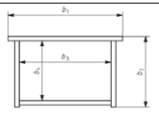
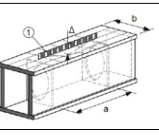
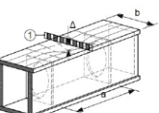
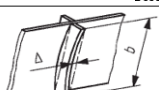
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Dimensioni interne od esterne	$\Delta = -\frac{b_i}{100}$ $i=1,2,3,4$ nessun valore positivo
2	 Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidimenti, caso generale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto	$a \leq 2b_c$ $\Delta = \pm \frac{a}{250}$ $a > 2b_c$ $\Delta = \pm \frac{b}{125}$
3	 Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidimenti, caso speciale con compressione in direz. ortogonale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto	$b \leq 2a_c$ $\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $b > 2a_c$ $\Delta = \pm \frac{a}{125}$

Tabella 4 - Irrigidimenti d'anima di profili composti o scatolati saldati - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Deviazione Δ sulla rettilineità nel piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $ \alpha \leq 4 \text{ mm}$

2		Deviazione Δ dalla rettilineità in direzione ortogonale al piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{500}$ $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$
3		Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, posiz. generica	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
4		Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, agli appoggi	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
5		Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, posiz. qualsiasi	$\Delta = \pm \frac{l}{2}$
6		Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{l}{3}$

Tabella 5 - Piastre nervate - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	Rettilineità degli irrigidimenti: irrigid. long. in piastre irrigidite longitudinalmente 	Deviazione Δ perpendicolare alla piastra: $\Delta = \pm a/400$
2		Deviazione Δ parallela alla piastra, su una lunghezza di misura uguale alla larghezza b: $\Delta = \pm b/400$
3	Rettilineità degli irrigidimenti: irrigid. trasv. in piastre irrigidite longitudinalmente e trasversalmente 	Deviazione Δ perpendicolare alla piastra. Il minore tra: $\Delta = \pm a/400$; $\Delta = \pm b/400$
4		Deviazione Δ parallela alla piastra: $\Delta = \pm b/400$
5	 Differenza di quota tra irrigidimenti trasversali adiacenti	$\Delta = \pm l/400$

Tabella 6 - Profili piegati a freddo - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Larghezza A tra due piegature	$\Delta = -\frac{A}{50}$ nessun valore positivo
2	 Larghezza B tra una piegatura ed un bordo libero	$\Delta = -\frac{B}{80}$ nessun valore positivo
3	 Deviazione Δ dalla rettilineità	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 7 - Lamiere piegate a freddo - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Planarità di flange o anime irrigidite o non irrigidite: Deviazione Δ dalla planarità	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$
2	 Curvatura di flange o anime: Deviazione Δ dalla superficie teorica	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$

Tabella 8 - Strutture tralicciate - tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Scostamento Δ di ciascun nodo dalla posizione teorica lungo una linea retta o lungo il profilo di premontia, se previsto, misurato con struttura adagiata in piano	$\Delta = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta \leq 12 \text{ mm}$ il valore maggiore dei due

Tabella 9 - Forature - tolleranze di fabbricazione essenziali

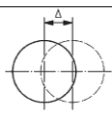
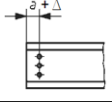
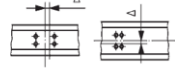
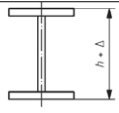
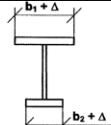
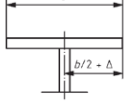
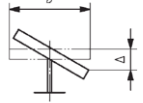
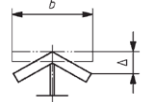
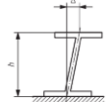
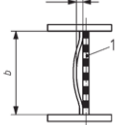
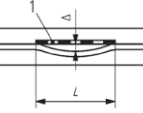
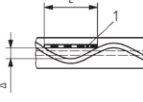
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Deviazione Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	 Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero	$\Delta = - 0 \text{ mm}$ (Nessun valore positivo prescritto)
3	 Deviazione Δ di un gruppo di fori dalla posizione teorica	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

Tabella 10 - Profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Altezza globale h: $h \leq 900 \text{ mm}$: $900 < h \leq 1800 \text{ mm}$: $h > 1800 \text{ mm}$.	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	 Larghezza delle flange ($b = b_1$ o b_2)	$\Delta = + b / 100$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$	$\Delta = + b / 100$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$
3	 Eccentricità dell'anima: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
4	 Non perpendicolarità flangia-anima: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$
5	 Fuori piano flangia: - in generale: - flangia in contatto con appoggi strutturali:	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 400$
6	 Verticalità dell'anima agli appoggi, per componenti senza irrigidimenti agli appoggi	$\Delta = \pm b / 300$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 500$ $ \Delta = 2 \text{ mm}$
7	 Deviazione Δ sull'altezza dell'anima b (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$
8	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (distorsione dell'anima) (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$
9	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura L uguale all'altezza dell'anima b (ondulazione dell'anima) (*)	$\Delta = \pm b / 100$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$

(*) Valori validi anche per anime di profili scatolari

Tabella 11 - Flange di profili composti saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali


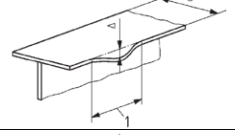

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$
2	 Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$
3	 Deviazione Δ delle singole flange dalla rettilineità	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$

Tabella 12 - Profili scatolati saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

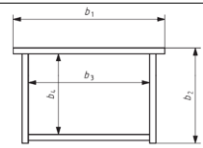
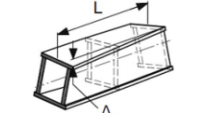
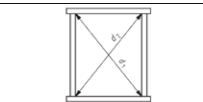
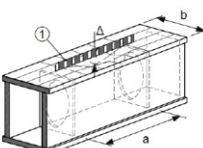
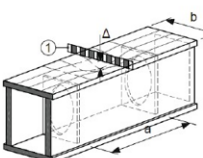
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Dimensioni interne od esterne: $b_2 \leq 900$ mm: $900 < b_2 \leq 1800$ mm: $b_2 > 1800$ mm:	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm b_2 / 300$ $\Delta = \pm 6$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm b_2 / 450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	 Torsione: Deviazione globale Δ sulla lunghezza L	$\Delta = \pm \frac{L}{700}$ $ \Delta \geq 4$ mm e $\Delta \leq 10$ mm	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $ \Delta \geq 3$ mm e $\Delta \leq 8$ mm
3	 Differenza Δ tra le dimensioni delle diagonali nelle sezioni diaframmate: $\Delta = d_1 - d_2 $	$\Delta \leq \frac{ d_1 + d_2 }{400}$ $\Delta \geq 6$ mm	$\Delta \leq \frac{ d_1 + d_2 }{600}$ $\Delta \geq 4$ mm
4	 Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidimenti, caso generale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto	$a \leq 2b_2$; $\Delta = \pm a / 250$ $a > 2b_2$; $\Delta = \pm b / 125$	$a \leq 2b_2$; $\Delta = \pm a / 250$ $a > 2b_2$; $\Delta = \pm b / 125$
5	 Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidimenti, caso speciale con compressione in direz. ortogonale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto	$b \leq 2a$; $\Delta = \pm b / 250$ $b > 2a$; $\Delta = \pm a / 125$	$b \leq 2a$; $\Delta = \pm b / 250$ $b > 2a$; $\Delta = \pm a / 125$

Tabella 13 - Irrigidimenti d'anima di profili composti o scatolari saldati - tolleranze di fabbricazione funzionali

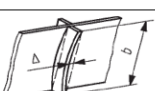
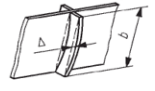
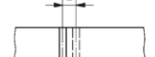

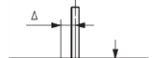

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Deviazione Δ sulla rettilineità nel piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $ \Delta = 4$ mm	$\Delta = \pm \frac{b}{375}$ $ \Delta = 2$ mm
2	 Deviazione Δ dalla rettilineità in direzione ortogonale al piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{500}$ ma $ \Delta = 4$ mm	$\Delta = \pm \frac{b}{750}$ ma $ \Delta = 2$ mm
3	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, posiz. generica	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
4	 Distanza di un irrigidimento dell'anima dalla posizione teorica, agli appoggi	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
5	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, posiz. qualsiasi	$\Delta = \pm \frac{t}{2}$	$\Delta = \pm \frac{t}{3}$
6	 Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti, agli appoggi	$\Delta = \pm \frac{t}{3}$	$\Delta = \pm \frac{t}{4}$

Tabella 14 - Profili piegati a freddo - tolleranze di fabbricazione funzionali

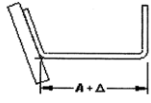

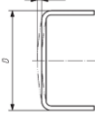
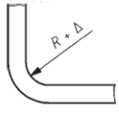
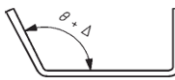
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Larghezza A tra due piegature: $t < 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}$: $t < 3 \text{ mm}; L \geq 7 \text{ m}$: $t \geq 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}$: $t \geq 3 \text{ mm}; L \geq 7 \text{ m}$:</p>	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = -5/+9 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+6 \text{ mm}$
2	 <p>Larghezza B tra una piegatura ed un bordo libero - bordo laminato: $t < 3 \text{ mm}$: $t \geq 3 \text{ mm}$: - bordo tagliato: $t < 3 \text{ mm}$: $t \geq 3 \text{ mm}$:</p>	$\Delta = -3/+6 \text{ mm}$ $\Delta = -5/+7 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+6 \text{ mm}$	$\Delta = -2/+4 \text{ mm}$ $\Delta = -3/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -1/+3 \text{ mm}$ $\Delta = -2/+4 \text{ mm}$
3	 <p>Convessità o concavità</p>	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
4	 <p>Raggio interno di piegatura R</p>	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	 <p>Angolo θ tra componenti adiacenti</p>	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

Tabella 15 - Componenti lavorati - tolleranze di fabbricazione funzionali

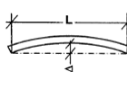

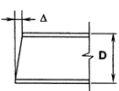
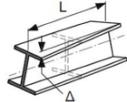
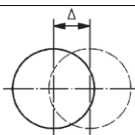
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	<p>Lunghezza L misurata includendo lo spessore di eventuali piastre saldate alle estremità</p> <p>Lunghezza dei profilati L caso generale</p>	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{5000} + 2 \right) \text{ mm}$	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{10000} + 2 \right) \text{ mm}$
2	Lunghezza dei profilati L superfici spianate a contatto	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
3	 <p>(Deviazione dalla rettilineità di un profilato, laminato o saldato, entrambi gli assi)</p>	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$
4	 <p>Elementi curvi o calandrati</p>	$\Delta = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta \leq 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $ \Delta = 4 \text{ mm}$
5	<p>Superficie finita per appoggio a contatto.</p> <p>Scostamento Δ max dalla sup. piana</p>	$\Delta \pm 0,5 \text{ mm}$	$\Delta \pm 0,25 \text{ mm}$
6	 <p>Ortogonalità sup. di estremità</p>	sup. a contatto: $\Delta = \pm D / 1000$ sup. non a contatto: $\Delta = \pm D / 300$ Se l'elemento contiguo dista > 20 mm: $\Delta = \pm D / 100$	sup. a contatto: $\Delta = \pm D / 1000$ sup. non a contatto: $\Delta = \pm D / 300$ ma $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$
7	 <p>Torsione. Deviazione globale Δ sulla lunghezza L</p>	$\Delta = \pm \frac{L}{700}$ $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 20 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 15 \text{ mm}$

Tabella 16 - Forature, spallature, tagli - tolleranze di fabbricazione funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Scostamento Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori</p>	$\Delta \pm 2 \text{ mm} (*)$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$

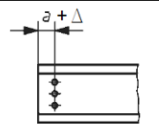
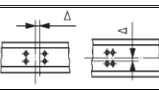
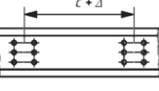
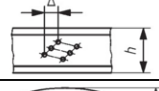
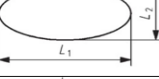
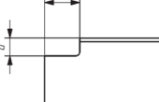
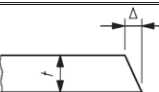
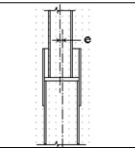
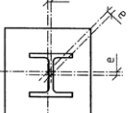
2		Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero	$\Delta = -0 \text{ mm}$ $\Delta = +3 \text{ mm}^{(*)}$	$\Delta = -0 \text{ mm}$ $\Delta = +2 \text{ mm}^{(*)}$
3		Scostamento Δ di un gruppo di fori dalla posizione teorica	$\Delta \pm 2 \text{ mm}^{(*)}$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
4		Scostamento Δ della spaziatura c tra i baricentri di gruppi di fori	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}^{(**)}$ caso generale $\Delta = \pm 2 \text{ mm}^{(*)}$ stesso elem. connesso ai 2 gruppi di bulloni	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ caso generale $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$ stesso elem. connesso ai 2 gruppi di bulloni
5		Rotazione di un gruppo di fori: $h \leq 1000 \text{ mm}$ $h > 1000 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6		Ovalizzazione dei fori $\Delta = L_1 - L_2$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
7		Spallature Scostamento Δ della misura in altezza d o in lunghezza L	$- \Delta = 0 \text{ mm}$ $+ \Delta \leq 3 \text{ mm}$	$- \Delta = 0 \text{ mm}$ $+ \Delta \leq 2 \text{ mm}$
8		Scostamento Δ dai 90° di un taglio di bordo	$\Delta = \pm 0,1t$	$\Delta = \pm 0,05t$
<p>NOTE: (*) Valori da adottare se si usano i giochi foro-bullone della Tabella 9.6.1 (conforme a UNI EN 1090). Se si usano invece i valori delle NTC usare il valore: $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$. (**) Valori da adottare se si usano i giochi foro-bullone della Tabella 9.6.1 (conforme a UNI EN 1090). Se si usano invece i valori delle NTC usare il valore: $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$.</p>				

Tabella 17 – Giunti di colonne e piastre di base – tolleranze di fabbricazione funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Disallineamento dell'asse delle colonne in un giunto	$e = \pm 5 \text{ mm}$	$e = \pm 3 \text{ mm}$
2	 disallineamento della colonna rispetto alla piastra di base	$e = \pm 5 \text{ mm}$	$e = \pm 3 \text{ mm}$

Art.17 Montaggio

L'Appaltatore deve organizzare il proprio cantiere in modo da soddisfare i requisiti tecnici che garantiscono la sicurezza dei lavori, mostrando di aver esaminato e preso in considerazione almeno i seguenti punti, se pertinenti:

- impiego dei mezzi di sollevamento e loro manutenzione;
- viabilità interna e di accesso;
- condizioni del terreno influenzanti la sicurezza dei lavori;
- possibili cedimenti dei supporti di montaggio delle strutture;
- conoscenza dettagliata degli underground, dei cavi sospesi e degli eventuali ostacoli;
- limitazioni dimensionali e di peso dei componenti da spedire in cantiere;
- condizioni ambientali del sito;
- strutture adiacenti influenzanti il montaggio;
- procedure di cooperazione con altri Appaltatori agenti nel sito;
- disponibilità di utenze;
- carichi massimi di stoccaggio e di montaggio ammessi sulle strutture;
- controllo del getto di calcestruzzo per strutture composte.

L'Appaltatore deve redigere per ogni opera un opportuno metodo di montaggio, tenendo in

conto la tipologia del progetto quale appare dai documenti progettuali e le eventuali prescrizioni ivi contenute, affinché le attività di montaggio siano svolte in totale sicurezza ed al fine di raggiungere il livello di qualità stabilito per l'opera nei tempi stabiliti dal programma temporale.

Tali procedure devono essere consegnate al Direttore dei Lavori per approvazione, prima dell'inizio di ogni attività di montaggio. Il Direttore dei Lavori, prima di dare la propria approvazione, deve richiedere l'esame del metodo di montaggio da parte del Progettista ed ottenere la sua approvazione scritta, al fine di certificare che il metodo di montaggio previsto dall'Appaltatore non sia in contrasto con i requisiti e le ipotesi progettuali e non ne diminuisca il livello di sicurezza.

Le attività di montaggio di un'opera non possono iniziare prima che il relativo metodo di montaggio sia stato approvato dal Direttore dei Lavori.

Nel metodo di montaggio devono essere inclusi, se pertinenti, i seguenti punti:

- Posizione e tipologia delle connessioni delle strutture da effettuare in opera;
- Pesi e dimensioni massime degli elementi da montare;
- Sequenze di montaggio;
- Stabilità dell'opera in fase di montaggio. A tale scopo il Progettista deve rendere noto all'Appaltatore la posizione nella struttura di controventature temporanee, impalcati metallici o altri ritegni che sono necessari per garantire la stabilità di ogni singolo elemento o dell'intera struttura, se previsti a progetto;
- Condizioni per la rimozione delle controventature provvisorie di montaggio;
- Qualsiasi circostanza che possa causare rischi durante le fasi di montaggio;
- Metodi previsti per l'allineamento delle strutture e per l'inghisaggio delle stesse;
- Risultati da eventuali attività di premontaggio;
- Vincoli provvisori da imporre per assicurare la stabilità prima delle operazioni di saldatura in opera e per tenere sotto controllo eventuali deformazioni locali;
- Apparecchiature di sollevamento necessarie;
- Necessità di marcare pesi e baricentri per pezzi pesanti e/o irregolari;
- Relazione tra pesi da sollevare e raggio d'azione dei mezzi di sollevamento impiegati;
- Identificazione delle azioni di ribaltamento causate dal vento durante le fasi di montaggio, ed indicazione del metodo per contrastarle;
- Metodi per far fronte ai rischi per la sicurezza;
- Realizzazione di aree di lavoro sicure e di mezzi sicuri di accesso ad esse;
- Devono essere pianificate sequenze di fissaggio di lamiere grecate per solette composte acciaio calcestruzzo tali da garantire che le lamiere siano adeguatamente supportate dalle travi prima del
- fissaggio, e che siano fissate alle strutture prima di essere impiegate come mezzo di accesso ad altre aree di lavoro;
- Le lamiere grecate non devono essere usate come mezzo di accesso per la saldatura di piolature, se non precedentemente fissate alle strutture;
- Sequenze di posa in opera e metodi per assicurare e sigillare cassature, prima di impiegarle come mezzo di accesso per altre operazioni di costruzione.

L'Appaltatore deve predisporre disegni di montaggio che fanno parte integrante del Metodo di Montaggio.

Essi devono contenere le seguenti informazioni:

- piante ed elevazioni in una scala tale che tutte le marche di montaggio dei singoli componenti siano visibili;
- assi delle strutture, la posizione degli appoggi e l'assemblaggio dei componenti insieme alle tolleranze di montaggio ammesse;
- le piante delle fondazioni devono mostrare l'orientamento delle basi delle colonne e di altre strutture in contatto diretto con le fondazioni, la quota delle fondazioni e la quota d'imposta delle strutture, il giusto livello di dettaglio per la posa in opera dei tirafondi, il metodo di supporto provvisorio previsto durante il montaggio e l'inghisaggio previsto;
- le eventuali opere provvisorie necessarie per il montaggio;
- i pesi dei componenti maggiori di 5 ton e la posizione dei baricentri dei componenti molto irregolari.

I componenti devono essere movimentati e accuratamente stoccati in modo da minimizzare il rischio di abrasioni o danni alle superfici.

Gli elementi per le connessioni e gli elementi metallici di piccole dimensioni devono essere immagazzinati in spazi chiusi e asciutti.

Ogni danno alla struttura metallica durante la fase di scarico, trasporto, stoccaggio o messa in opera deve essere riparato in modo tale da rispettare i limiti di lavorazione indicati in questo CT. Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3 ed EXC4 deve essere preparata una procedura riguardo ai metodi di riparazione da adottare.

Le parti connesse dalle bullonature devono essere a stretto contatto. Qualora vi sia uno spazio tra gli elementi che possa compromettere l'integrità della connessione, esso deve essere colmato mediante l'inserimento di opportuni spessori. Se la mancanza di corrispondenza delle connessioni non può essere risolta con l'uso di spessoramenti, i pezzi devono essere modificati in modo opportuno, garantendo che le prestazioni strutturali non subiscano penalizzazioni in fase di montaggio e in fase di esercizio.

Se durante il montaggio si rileva un disallineamento dei fori, si può ricorrere all'alesaggio dei fori stessi purché il diametro finale dei fori rientri nei limiti stabiliti per la categoria dei "fori maggiorati" di cui alla tabella 9.6.1, e solo dopo avere richiesto ed ottenuto il parere favorevole del Progettista, di cui deve restare evidenza. Per consentire un appropriato allineamento e livellamento della struttura sulle fondazioni, possono essere utilizzati spessori in acciaio, purché presentino superfici piane ed adeguata resistenza alla deformazione. Se essi vengono lasciati in opera durante l'inghisaggio, la malta deve ricoprirli totalmente per almeno 25 mm in ogni direzione.

Se la messa in bolla della base delle colonne avviene mediante dadi di livellamento posti sotto le piastre di base, questi possono essere lasciati in posizione a meno che non sia specificato diversamente. I dadi devono essere scelti in modo da assicurare che siano adatti a mantenere la stabilità della struttura senza mettere a repentaglio la prestazione dei bulloni di ancoraggio.

L'inghisaggio della base delle colonne non deve essere effettuato fin tanto che una sufficiente parte della struttura non sia stata allineata, messa a livello o a piombo e adeguatamente controventata.

Immediatamente prima del getto della malta di riempimento, lo spazio sotto la base delle colonne deve essere pulito e liberato da ogni elemento estraneo.

I materiali per l'inghisaggio possono essere malte di cemento Portland o malte premiscelate. Calcestruzzo con inerti di basso diametro può essere usato solo per spessori d'inghisaggio maggiori di 50 mm.

Il materiale d'inghisaggio deve essere posto in opera in modo da non lasciare vuoti o vespai. A tale scopo opportuni fori di sfiato devono essere predisposti nelle piastre di base.

I fori nelle piastre di base delle colonne per i tirafondi possono avere un diametro maggiorato in modo tale da consentire aggiustamenti. In tal caso è necessario l'uso di rondelle di grosso spessore da porre tra i dadi e la piastra di base.

L'Appaltatore deve progettare e prevedere i ritegni e le controventature provvisorie.

L'Appaltatore deve assicurare che nessuna parte della struttura venga permanentemente danneggiata dall'accumulo dei materiali o dai carichi dovuti alle fasi di montaggio degli elementi.

Il Committente deve assicurare che non siano applicati carichi sulla struttura parzialmente montata senza il permesso dell'Appaltatore.

Art.18 Tolleranze di montaggio

Le tolleranze di montaggio definite "essenziali" di cui alla UNI EN 1090-2 §11.1 sono quelle il cui mancato rispetto può pregiudicare la stabilità e/o la resistenza delle strutture. Esse devono essere in ogni caso rispettate nel corso del montaggio. Per i componenti per i quali risultasse il mancato rispetto di una o più di tali limiti, dovrà essere informato il Direttore dei Lavori e dovrà emessa una azione di non conformità ed esaminate le opportune azioni correttive da intraprendere.

Le tolleranze di montaggio "funzionali" di cui alla UNI EN 1090-2 §11.1 sono quelle che attengono ai problemi di compatibilità con altri materiali, di estetica, di compatibilità con macchinari (es. carroporti) o apparecchiature, etc. Esse sono distinte in due classi, 1 e 2, con prescrizioni più restrittive passando dalla prima alla seconda. L'Appaltatore (se si è scelta la modalità di progettazione A) o il Progettista per conto del Committente (se si è scelta la modalità B o C) devono scegliere, per tali tolleranze, la classe più opportuna per le strutture, o per parti di esse, in funzione della tipologia delle strutture stesse e delle interfacce con altri elementi strutturali o non strutturali.

La scelta del livello di tolleranze adottato.....

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le principali tolleranze di montaggio, sia essenziali che funzionali, da rispettare.

Tabella 1 - Colonne di edifici monopiano- tolleranze di montaggio essenziali

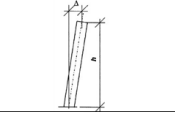

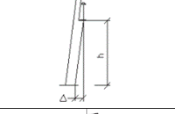
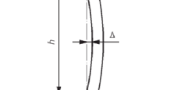
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Inclinazione globale sull'altezza h	$\Delta = \pm \frac{h}{300}$
2	 Inclinazione media delle colonne dello stesso portale Per due colonne: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) \rho$	$\Delta = \pm \frac{h}{500}$
3	 Inclinazione dalla quota d'imposta al piano di appoggio della via di corsa del carroponete	$\Delta = \pm \frac{h}{1000}$
4	 Rettilinearità della colonna di un edificio monopiano	$\Delta = \pm \frac{h}{750}$

Tabella 2 - Colonne di edifici multipiano- tolleranze di montaggio essenziali

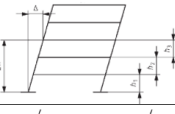
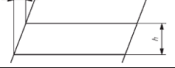

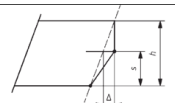
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla quota d'imposta	$\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{300 \cdot n}$ (n =numero piani)
2	 Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla sua posizione al piano inferiore	$\Delta = \pm \frac{h}{500}$
3	 Scostamento dell'asse reale di una colonna rispetto alla retta congiungente le sezioni di estremità	$\Delta = \pm \frac{h}{750}$
4	 Scostamento del giunto di una colonna rispetto alla retta congiungente le sezioni di estremità	$\Delta = \pm \frac{h}{750}$ $s \leq h \rho$

Tabella 3 — Colonne di edifici monopiano - tolleranze di montaggio funzionali

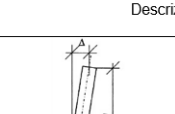
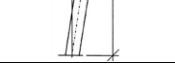
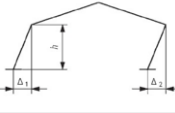
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Inclinazione globale sull'altezza h	$\Delta = \pm h / 600$ o 5 mm il maggiore dei 2, ma non più di 25 mm	$\Delta = \pm h / 1000$ o 5 mm il maggiore dei 2, ma non più di 25 mm
2	 Inclinazione media delle colonne dello stesso portale Per due colonne: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) \rho$	$\Delta = \pm \frac{h}{600}$	$\Delta = \pm \frac{h}{1000}$
3	 Inclinazione dalla quota d'imposta al piano di appoggio della via di corsa del carroponete	$\Delta = \pm h / 1000$ o 5 mm il maggiore dei 2, ma non più di 25 mm	$\Delta = \pm h / 1000$ o 5 mm il maggiore dei 2,23 ma non più di 15 mm

Tabella 4 — Colonne di edifici multipiano - tolleranze di montaggio funzionali

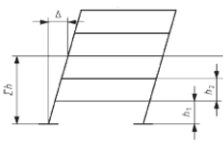

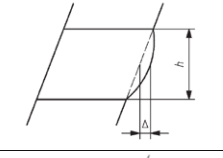
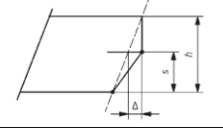
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla quota d'imposta</p>	$\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{300 \sqrt{n}}$ <p>(n=numero piani)</p>	$\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{500 \sqrt{n}}$ <p>(n=numero piani)</p>
2	 <p>Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla sua posizione al piano inferiore</p>	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/1000$
3	 <p>Scostamento dell'asse reale di una colonna rispetto alla retta congiungente le sezioni di estremità</p>	$\Delta = \pm h/750$	$\Delta = \pm h/1000$
4	 <p>Scostamento del giunto di una colonna rispetto alla retta congiungente le sezioni di estremità</p>	$\Delta = \pm h/750$ $s \leq h/2$	$\Delta = \pm h/1000$ $s \leq h/2$

Tabella 5 - Posizione dei tirafondi ed inserti - tolleranze di montaggio funzionali

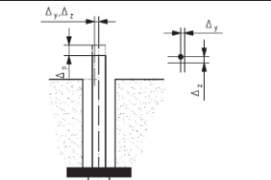
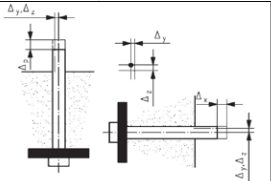
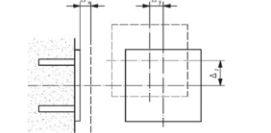
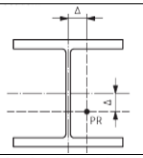
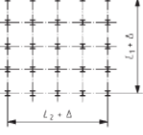
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Tirafondi con possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 25 \text{ mm}$
2	 <p>Tirafondi senza possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$
3	 <p>Piastra di ancoraggio annessa nel calcestruzzo</p>	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

Tabella 6 — Posizione colonne - tolleranze di montaggio funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Posizionamento dell'asse delle colonne rispetto al teorico</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	 <p>Dimensione globale in pianta di un edificio: $L_1 \leq 30 \text{ m}$ $30 \text{ m} < L_1 < 250 \text{ m}$ $L_1 \geq 250 \text{ m}$</p>	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(L+50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L+500) \text{ mm}$ (L in metri)	$\Delta = \pm 16 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L+50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L+350) \text{ mm}$ (L in metri)

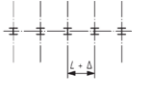


3		Distanza tra gli assi di colonne adiacenti: $L \leq 5 \text{ m}$ $L > 5 \text{ m}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L+45) \text{ mm}$ (L in metri)	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L+30) \text{ mm}$ (L in metri)
4		Posizione dell'asse delle colonne rispetto all'allineamento	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
5		Posizione del filo del muro perimetrale rispetto alla linea che congiunge gli estradossi delle colonne	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$

Tabella 7 — Edifici - tolleranze di montaggio funzionali

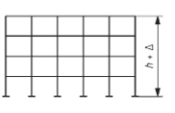
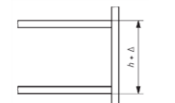
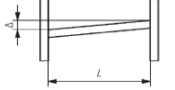
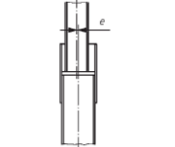
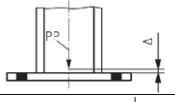
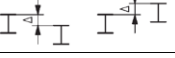
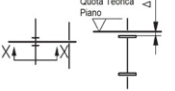
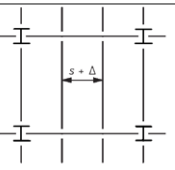
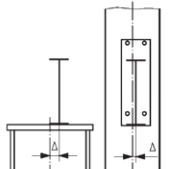
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Altezza globale rispetto q. d'imposta: $h \leq 20 \text{ m}$ $20 < h < 100 \text{ m}$ $\forall h \geq 100 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5(h+20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(h+200) \text{ mm}$ (h in metri)	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(h+20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(h+200) \text{ mm}$ (h in metri)
2	 Altezza tra livelli adiacenti	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
3	 Elevazione relativa all'altro estremo di una trave	$\Delta = \pm L / 500$ ma $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 1000$ ma $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$
4	 Eccentricità non voluta e in un giunto di colonna	$e = \pm 5 \text{ mm}$	$e = \pm 3 \text{ mm}$
5	 Livello dell'estradosso della piastra di base, rispetto al teorico	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
6	 Elevazione di travi adiacenti	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
7	 Elevazione di una trave all'attacco nella colonna, rispetto al livello teorico di piano	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$

Tabella 8 — Travi di edifici - tolleranze di montaggio funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Scostamento Δ dalla distanza teorica s tra travi adiacenti	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	 Scostamento Δ dall'asse teorico di una connessione trave-colonna, misurata relativamente alla colonna	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$

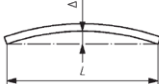
3		Scostamento Δ dalla rettilineità di una trave o mensola di lunghezza L, in opera	$\Delta = \pm L / 500$	$\Delta = \pm L / 1000$
---	---	--	------------------------	-------------------------

Tabella 9 — Vie di corsa dei carroporti - tolleranze di costruzione e montaggio funzionali

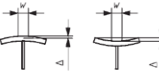
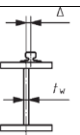
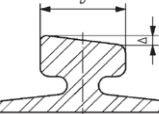
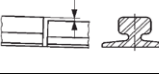
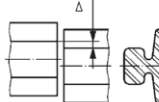
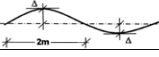
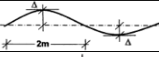
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 Fuori piano dell'estradosso di una via di corsa su una larghezza w uguale alla larghezza della rotaia più 10 mm per parte	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	 Eccentricità dell'asse della rotaia rispetto all'asse dell'anima: $t_w \leq 10 \text{ mm}$: $t_w > 10 \text{ mm}$:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$
3	 Inclinazione della rotaia rispetto al piano orizzontale	$\Delta \leq \pm b / 333$	$\Delta \leq \pm b / 333$
4	 Disallineamento verticale tra rotaie in prossimità del giunto	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5	 Disallineamento orizzontale tra rotaie in prossimità del giunto	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

Tabella 14.10 — Vie di corsa dei carroporti - tolleranze di montaggio funzionali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	Posizionamento in piano rispetto all'asse teorico	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	 Rettilineità in orizz. su 2 m	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
3	Rispetto al livello teorico	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
4	Quota della rotaia Sulla luce L di una via di corsa	$\Delta = \pm L / 1000$	$\Delta = \pm L / 1000$
5	 Quota della rotaia su 2 m	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Differenza di livello tra le 2 rotaie con scartamento s	$\Delta = \pm s / 2000$ ma $\Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm s / 2000$ ma $\Delta \leq 10 \text{ mm}$
7	Variazione dello scartamento: $s \leq 15 \text{ m}$: $s > 15 \text{ m}$:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = 3 + 0,25 \times (s - 15)$ <u>mm (s in metri)</u>	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = 3 + 0,25 \times (s - 15)$ <u>mm (s in metri)</u>

Art.19 Trasporto

Tutto il materiale lavorato e le parti premontate devono essere adeguatamente conservati per proteggerli dalla corrosione e dai danneggiamenti accidentali.

Tutte le parti pronte per la spedizione devono essere sottoposte ad accurati controlli visivi e dimensionali. I numeri di posizione ed i pesi devono comparire sulle bolle di consegna per la spedizione.

Durante il trasporto i materiali devono essere protetti con opportuni materiali al fine di prevenire danneggiamenti.

Art.20 Stoccaggio

L'Appaltatore su richiesta del Committente deve dare la disponibilità di idonee aree di stoccaggio in officina per le strutture pronte per il trasporto, nell'eventualità di non disporre di aree libere per lo stoccaggio in cantiere, definendo preventivamente l'onere per l'occupazione delle aree di stoccaggio.

L'Appaltatore deve consegnare al Committente le opportune istruzioni operative per preservare i materiali staccati in cantiere da corrosione, deterioramento, danni accidentali, etc., prima di iniziare il montaggio.

Art.21 Trattamenti protettivi

Art.21.1 Generalità trattamenti protettivi

I trattamenti protettivi superficiali saranno realizzati, di norma, con zincatura a caldo o mediante verniciatura, o infine con zincatura e successiva verniciatura (sistema duplex).

L'Appaltatore, in base alle indicazioni fornite dal Committente circa le condizioni ambientali dell'opera, la durata di essa prevista e la durata richiesta del periodo di tempo tra la costruzione e la prima manutenzione del trattamento protettivo, nonché in base alla eventuale preferenza espressa dal Committente per una modalità di protezione (zincatura o verniciatura), dovrà individuare un idoneo ciclo di protezione superficiale che soddisfi ai suddetti requisiti.

Nel caso di impiego di acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica secondo UNI EN 10025-5, dovrà essere valutato se le condizioni ambientali di impiego richiedono l'adozione di un trattamento protettivo superficiale.

La descrizione del ciclo di trattamento superficiale adottato con l'evidenza della sua rispondenza ai requisiti di cui sopra, nonché il piano di manutenzione ad esso associato, dovranno essere riportati in un apposito documento, da consegnare al Committente e al Direttore dei Lavori.

Le condizioni ambientali dell'opera devono essere caratterizzate mediante la classe di corrosività, che può essere determinata, in conformità alla UNI EN ISO 12944-2, con i criteri della tabella 1 (verniciatura), e in conformità alla UNI EN ISO 14713-1, con i criteri di tabella 2 (zincatura).

Tabella 1 – Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 12944-2 (verniciatura)

Perdita di massa per u. di superficie, perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a scopo informativo)	
Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		All'esterno	All'interno
Perdita di massa [g/m ²]	Perdita di spessore [μm]	Perdita di massa [g/m ²]	Perdita di spessore [μm]		
≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita (negozi, uffici, scuole, alberghi)

da 10 a 200	da 1,3 a 25	da 0,7 a 5	da 0,1 a 0,7	Ambienti con bassolivello d'inquinamento. Soprattutto aree	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa (depositi, locali sportivi)
da 200 a 400	da 25 a 50	da 5 a 15	da 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento o da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità ed un certo inquinamento atmosferico (industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici)
da 400 a 650	da 50 a 80	da 15 a 30	da 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
da 650 a 1500	da 80 a 200	da 30 a 60	da 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità ed atmosfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
da 650 a 1500	da 80 a 200	da 30 a 60	da 4,2 a 8,4	Zone costiere e <i>offshore</i> con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.

Tabella 17.1.2 – Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 14713-1 (zincatura)

C l	Esempi di ambiente tipico	
	All'interno	All'esterno
C 1 (Ambienti riscaldati con umidità relativa bassa ed inquinamento trascurabile (uffici, scuole, musei)	Zone asciutte o fredde, ambiente atmosferico con inquinamento molto basso e periodi di umidità molto brevi (zone desertiche)
C 2 (b a s	Ambienti non riscaldati con temperatura e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condense e basso inquinamento (capannoni di stoccaggio, impianti sportivi)	Zone temperate con bassi valori d'inquinamento ($SO_2 < 5 \text{ 'g/m}_3$) (zone rurali, paesi o piccole città dell'entroterra)
C 3 (me dia) 0,7	Ambienti con moderata presenza di condense e di inquinamento da processi produttivi leggeri (impianti alimentari, lavanderie, impianti per la produzione di birra, caseifici)	Zone temperate con valori d'inquinamento medi (SO_2 tra 5 e 30 'g/m_3 , oppure media presenza di cloruri) (aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri)

C 4 (a l t	Ambienti con condense frequenti ed alto livello d'inquinamento da processi industriali (impianti industriali, piscine)	Zone temperate con valori d'inquinamento alti (SO ₂ tra 30 e 90 'g/m ₃ , alto livello di cloruri) (aree urbane molto inquinate, aree industriali, aree limitrofe alla costa con significativa deposizione di cloruri)
C 5 (mol to alta)	Ambienti con condense frequentissime e/o alto livello d'inquinamento da processi industriali (miniere, caverne per scopi industriali, capannoni non ventilati in zone subtropicali)	Zone temperate e subtropicali con valori d'inquinamento molto alti (SO ₂ tra 90 e 250 'g/m ₃ , altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa)
C X (estr ema) 8 < r ≤ 25	Ambienti con condense quasi permanenti o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità alta, e/o con alto inquinamento da processi produttivi (capannoni non ventilati in zone subtropicali e tropicali con penetrazione dall'esterno di agenti inquinanti)	Zone subtropicali e tropicali con valori d'inquinamento estremi (SO ₂ > 250 'g/m ₃ , altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa e costruzioni <i>offshore</i>)
(*) Perdita di spessore di zinco <i>r</i> dopo il primo anno di esposizione.		

Art.21.2 Zincatura a caldo

La protezione mediante zincatura a caldo dei materiali deve essere conforme alla norma UNI-EN ISO 1461:2009 e UNI EN ISO 14713:2010 parti 1 e 2.

Il Progettista deve sviluppare il progetto delle opere in modo da renderle compatibili con le esigenze del processo di zincatura a caldo.

L'Appaltatore deve fornire al Progettista le opportune informazioni relative al processo di zincatura (dimensioni delle vasche, etc.) affinché il Progettista possa fissare le dimensioni massime per gli elementi, sciolti o composti mediante saldatura, da zincare.

Ai fini della zincatura, di norma dovranno essere evitati elementi composti con saldatura che presentino marcate dissimmetrie sia nella geometria che nella disposizione ed estensione delle saldature, o che presentino spessori troppo diversi negli elementi semplici che li compongono, con rapporto tra lo spessore maggiore e quello minore comunque non superiore a 5. Devono essere evitate ampie superfici piane, ricavate da lamiere di esiguo spessore, non opportunamente irrigidite.

Per gli elementi composti di notevole dimensione e peso, è opportuno che il Progettista predisponga gli opportuni punti di sollevamento da usare durante le operazioni di zincatura per sollevare l'elemento stesso.

Al fine di ottenere una zincatura più uniforme possibile, è sconsigliabile zincare elementi composti mediante saldatura formati da elementi sciolti con caratteristiche chimiche dell'acciaio sensibilmente diverse.

Le saldature di elementi strutturali da sottoporre a zincatura devono presentarsi prive di soffiature o porosità. Eventuali scorie vanno accuratamente rimosse prima della zincatura. E' vietato l'uso di vernici antispruzzo durante le operazioni di saldatura.

Sono di norma vietate lavorazioni di piegatura e formatura meccanica di pezzi zincati a caldo. Se si eseguono operazioni di taglio e/o foratura di pezzi già zincati, occorre procedere al ripristino della zincatura lungo la superficie del taglio e/o foro.

Per gli elementi composti da elementi sciolti assemblati mediante saldatura, è opportuno prevedere coppie di fori di sfianto, di diametro non minore di 10 mm, posti principalmente nelle zone del manufatto ove sono più probabili gli accumuli del bagno di zincatura.

Le costolature di rinforzo di profili aperti ad U ed H devono essere opportunamente forate, o avere uno spigolo smussato, in modo da consentire il passaggio dello zinco ed evitare accumuli o formazione di bolle d'aria. Il diametro minimo dei fori deve essere orientativamente come da tabella 1.

Le piastre di base e/o di estremità di profili aperti devono essere opportunamente forate. Il Progettista dovrà indicare la posizione e la dimensione delle forature nei disegni, in modo da non ridurre la resistenza degli elementi.

Tabella 1 – Dimensione orientativa fori di drenaggio per profili aperti

Dimensione caratte	Diametro minimo foro [mm]
<	10
25 – 50	12
50 – 100	16
100 – 150	20
>	25

Gli elementi tubolari devono essere muniti di adeguati fori, o intagli a V, di drenaggio per l'afflusso ed il deflusso dello zinco, posti il più possibile vicino ai nodi di estremità degli elementi. L'area di tali forature non deve essere inferiore orientativamente al 25% della sezione del tubolare, e comunque il diametro non deve essere inferiore a 10 mm. Tutte le forature devono essere visibili ed ispezionabili. Le piastre di estremità devono essere forate. Il Progettista dovrà indicare la posizione e la dimensione delle forature nei disegni, in modo da non ridurre la resistenza degli elementi.

Le diaframature interne ai profili scatolati, se presenti, devono essere dotate di fori o di smussi ai quattro spigoli, per consentire il deflusso del bagno di zinco. L'estensione della superficie forata deve essere orientativamente calcolata come da tabella 2.

Tabella 2 – Dimensione orientativa forature elementi scatolati

Base + altezza della sezione trasversale [mm]	Area del foro [% area trasversale]
< 200	100%
200	40%
400	30%
>	25%

L'esecuzione dei fori o intagli di sfiato e drenaggio deve avvenire previa approvazione da parte del Progettista. Se si ravvisasse da parte dello Zincatore la necessità di nuove forature prima di procedere alle operazioni di zincaggio, deve essere chiesta l'approvazione preventiva dell'Appaltatore e, per suo tramite, del Progettista.

Nel caso di superfici a contatto, la saldatura deve essere continua su tutto il perimetro delle aree a contatto, per evitare il ristagno all'interno dei liquidi di decappaggio e flussaggio usati durante il processo di zincatura. E' comunque consigliabile praticare un foro di sfiato di diametro non minore di 10 mm.

Per quanto qui non espressamente specificato, al fine di progettare gli elementi strutturali in modo compatibile con le esigenze della zincatura, si dovranno seguire le indicazioni riportate nell'Appendice A della norma UNI EN ISO 14713 parte 2.

L'Appaltatore deve esaminare il progetto al fine di determinare se esso possiede i requisiti necessari per una corretta applicazione della protezione mediante zincatura. Se l'Appaltatore ritiene che debbano essere apportate delle modifiche ad alcuni dettagli costruttivi per raggiungere tale scopo, deve svilupparli e sottoporli all'approvazione del Progettista.

L'Appaltatore deve curare che l'assemblaggio degli elementi da zincare avvenga senza apprezzabili forzature.

Se sono previste superfici/zone da non zincare in un elemento da sottoporre a zincatura, l'Appaltatore deve provvedere con idoneo mezzo a proteggere tali superfici/zone.

Le superfici degli elementi da zincare devono risultare perfettamente pulite, esenti da ossidi, grassi ed altri contaminanti. Essi non devono presentare macchie di vernici non idrosolubili o etichette autoadesive.

Il materiale zincato può essere sottoposto a trattamento di passivazione chimica in zincheria, se ritenuto necessario per incrementare la già notevole resistenza alla corrosione. Alcuni prodotti passivanti possono anche migliorare l'aderenza di successive applicazioni di vernici sul materiale zincato. Se si richiede la passivazione occorre, come richiesto dalla norma ISO 1461, avvertire lo zincatore se si vuole successivamente applicare una vernice.

Lo spessore minimo del rivestimento di zinco deve essere in conformità a quanto riportato in tabella 3. L'Appaltatore, in base alle indicazioni fornite dal Committente circa le condizioni ambientali dell'opera, la sua durata prevista e la durata richiesta del periodo di tempo tra la costruzione e la prima manutenzione del trattamento protettivo, può fissare in accordo con la Zincheria spessori maggiori, con riferimento alle indicazioni della UNI EN ISO 14713-1. Di tali scelte dovrà essere data evidenza, come detto al §17.1. Di norma sono da evitare spessori di zincatura maggiori di 250-300 µm, per evitare il rischio di distacco parziale del rivestimento in seguito ad urti accidentali. Una indicazione delle durate in anni in rapporto agli spessori della zincatura ed alle classi di corrosività la si trova in tabella 4.

Tabella 3 – Spessori minimi di zinco

Spessore acci	Spessore rivestimento [µm]
< 1,5	45
1,5 –	55
3 – 6	70
> 6	85

Tabella 4 – Durata indicativa sino alla prima manutenzione della zincatura in funzione delle classi di corrosività (da UNI EN ISO 14713-1)

Comp	Norma	spessore min. [µm]	Classe di corrosività e classe di durabilità (VL, L, M, H e VH) (*)							
			C3		C4		C5		CX	
Profilati e lamina	UNI EN ISO 1461	85	40/>100	VH	20/40	VH	10/20	H	3/10	M
		140	67/>100	VH	33/67	VH	17/33	VH	6/17	H
		200	95/>100	VH	48/95	VH	24/48	VH	8/24	H
Nastri	UNI EN 10346	20	10/29	H	5/10	M	2/5	L	1/2	VL
		42	20/60	VH	10/20	H	5/10	M	2/5	L

P r o f :	UNI EN 10240	55	26/79	VH	13/26	H	7/13	H	2/7	L
(*) VL=molto bassa, L=bassa, M=media, H=alta, VH=molto alta										

I pezzi zincati devono essere ispezionati per individuare eventuali difetti della zincatura che devono essere opportunamente eliminati. L'estensione massima delle zone che presentano difetti non può superare i limiti indicati dalla norma UNI EN ISO 1461. In particolare le aree non rivestite da zincatura non devono superare lo 0,5% della superficie dell'elemento, ed ogni area non rivestita da riparare non deve essere maggiore di 10 cm². Le riparazioni devono essere effettuate impiegando zincanti inorganici o con matrici organiche a pen- nello o spruzzo, spray a base di polvere di zinco o metallizzazione termica secondo UNI EN ISO 2063:2005. Lo spessore del rivestimento delle zone riparate deve essere di almeno 100 µm. Se vengono superati i valori di difettosità stabilito dalla norma succitata, l'elemento deve essere sottoposto di nuovo al procedimento di zincatura.

Per lo stoccaggio degli elementi zincati in attesa di trasporto e/o montaggio devono essere prese le opportune precauzioni per evitare la formazione di "ruggine bianca". In particolare lo stoccaggio dovrà avvenire in luogo asciutto, inserendo distanziali tra gli strati di materiale per favorire la circolazione d'aria, ed evitando di ricoprire le catoste con teli di materiale plastico che potrebbero causare condensa di vapore acqueo.

Se si impiegano profilati prezincati da sottoporre a successive lavorazioni quali taglio, piegatura, serraggio, saldatura, etc., cura deve essere posta nel non danneggiare la zincatura. In caso di danneggiamento, il ripristino della zincatura va effettuato preferibilmente mediante metallizzazione termica o, in alternativa, mediante l'applicazione di idonee vernici che contengano almeno il 90% di zinco nel pigmento e realizzando rivestimenti di spessore non superiore a 100 micron.

Di norma si deve evitare la saldatura per elementi pre-zincati. Ove fosse necessario, si devono qualificare delle opportune procedure di saldatura per tale scopo. Al termine della saldatura, la zincatura dovrà essere ripristinata mediante vernici con almeno il 90% di zinco nel pigmento, riporto di zinco o metallizzazione a spruzzo.

I bulloni di classe 10.9 non devono essere zincati a caldo.

Per i bulloni di classe inferiore è ammessa la zincatura a caldo, preferibilmente seguita dalla centrifugazione, in accordo alla UNI EN ISO 10684:2005. I dadi devono essere filettati dopo la zincatura.

L'accettazione della zincatura di un manufatto prevede la valutazione dell'aspetto del prodotto rivestito e la valutazione dello spessore secondo UNI EN ISO 1461.

Art.21.3 Verniciatura

Generalità

I trattamenti protettivi devono essere conformi alle prescrizioni della norma UNI UN ISO 12944 nelle sue varie parti.

Si sceglieranno di norma trattamenti con durabilità media, secondo UNI UN ISO 12944-1 (da 5 a 15 anni di durata teorica).

A titolo indicativo, per durabilità media e per le classi di corrosione sino alla C4, possono essere usati i cicli di pittura di cui al paragrafo "Preparazione dell'acciaio" relativi a:

- superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C3 (urbano e industriale con modesto inquinamento) (ciclo 1);
- superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C4 (industriale particolarmente aggressivo, marino) (ciclo 2);
- superfici ferrose zincate a caldo (ciclo 3);
- protezione al fuoco per strutture metalliche (ciclo 4).

Le relative preparazioni delle superfici sono descritte al paragrafo "Preparazione dell'acciaio".

La scelta dei cicli di cui al paragrafo "Preparazione delle superfici" riveste un carattere generale. Eventuali condizioni particolari richiedono una più specifica valutazione al fine della individuazione del ciclo più adatto all'opera in oggetto.

Scelta dei dettagli costruttivi

I dettagli costruttivi adottati devono essere tali da rendere più affidabile e durevole la applicazione del ciclo di pitturazione. A tal proposito si può fare riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 12944-3.

Si raccomanda di limitare il più possibile le irregolarità: sovrapposizioni, angoli, spigoli. Si raccomanda di effettuare saldature a tratti solo dove il rischio di corrosione è trascurabile, di progettare garantendo l'accesso facile all'elemento strutturale per l'applicazione, il controllo e la manutenzione della verniciatura. Si raccomanda di dimensionare le aperture nelle strutture scatolate in modo da consentire il passaggio sicuro dell'operatore con le sue attrezzature. Si raccomanda di evitare di impiegare elementi con superfici troppo ravvicinate entro le quali risulterebbe difficile applicare la pitturazione, attenendosi alle indicazioni di figura 1.

Si devono evitare quelle configurazioni che consentono il ristagno dell'acqua o della polvere, che col tempo deteriorerebbero la superficie aumentando così il rischio di corrosione (figura 2).

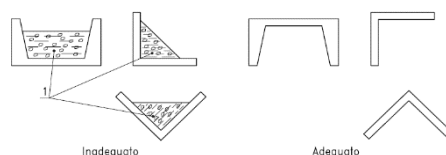
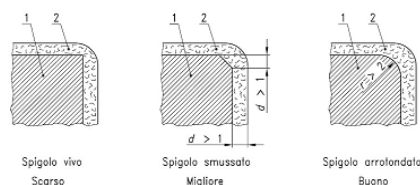


Figura 2 – Disposizioni per evitare il ristagno di polveri o acqua secondo UNI EN ISO 12944-3

Si raccomandano poi spigoli arrotondati, per poter applicare il rivestimento protettivo in modo uniforme, ed avere uno spessore adeguato sugli spigoli vivi che sono esposti a danneggiamenti e che, ove possibile, sarebbe opportuno smussare (figura 3).

Le parti scatolate aperte devono essere dotate di fori di drenaggio, quelle chiuse devono essere sigillate con saldature in modo da renderle impermeabili.



Preparazione dell'acciaio

La preparazione degli elementi in acciaio da verniciare, volta a rimuovere i difetti superficiali delle varie aree (saldature, fori, bordi, superfici, etc.) degli elementi strutturali, deve avvenire scegliendo l'opportuno preparation grade di cui alla norma UNI EN ISO 8501-3, in funzione della vita attesa per il ciclo di protezione e della categoria di corrosività, come prescritto in tabella 3.

Tabella 3 – Preparation grade (secondo UNI EN 1090-2)

Vita attesa per il ciclo	Categoria di corrosività	Preparation grade
> 15 anni	C1	P1
	da C2 a C3	P2
	superiore a C3	P2 (o P3)
da 5 a 15 anni	da C1 a C3	P1
	superiore a C3	P2

<	da C1 a C4	P1
	C5 - Im	P2

Preparazione delle superfici

La preparazione delle superfici da verniciare, al fine di rimuovere ruggine ed ogni impurità e di raggiungere l'adeguata rugosità, deve essere in accordo alla EN ISO 12944-4 e EN ISO 8501. Vanno eseguiti test durante le operazioni di sabbiatura per verificare il raggiungimento del grado di rugosità richiesto. Le misure della rugosità devono essere eseguite in accordo alla EN ISO 8503-1 e EN ISO 8503-2. La norma EN ISO 8501-1 fornisce degli esempi fotografici del grado di finitura delle superfici da raggiungere.

Prima della preparazione mediante spazzolatura o sabbiatura, la superficie degli elementi da trattare deve essere sgrassata e liberata dai residui di saldatura.

Spazzolatura

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nelle condizioni B, C, D della norma ISO 8501-1.

Le operazioni di pulizia devono essere eseguite con l'impiego di spazzole di fibra rigida adatta al supporto e/o di attrezzi ad impatto, e/o di mole meccaniche, azionati a motore. Al termine delle operazioni, l'aspetto delle superfici deve corrispondere al rispettivo grado St3 della norma ISO 8501-1.

Sabbiatura commerciale

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nelle condizioni iniziali B, C, D della norma ISO 8501-1. Al termine delle operazioni l'aspetto della superficie deve corrispondere, a seconda della condizione iniziale B, C, D al rispettivo grado Sa2 delle norme ISO 8501-1.

Il profilo di ancoraggio dovrà essere all'interno dei valori previsti dal tipo di primer impiegato e comunque di tipo medium, tra 30 e 45 mm, secondo ISO 8503.

Sabbiatura a metallo quasi bianco

Tale preparazione deve essere eseguita su superfici grezze non pitturate nella condizione iniziale A, B, C, D della norma ISO 8501-1. Al termine delle operazioni l'aspetto della superficie deve corrispondere, a seconda della condizione iniziale (A, B, C, D) al rispettivo grado Sa2½ della norma ISO 8501-1.

Il profilo di ancoraggio dovrà essere all'interno dei valori previsti dal tipo di primer impiegato e comunque di tipo medium, tra 40 e 60 mm, secondo ISO 8503.

Spazzolatura meccanica

Tale preparazione deve essere eseguita in opera su strutture già pitturate che presentino grado di arrugginimento Ri 1÷4 della norma EN ISO 4628-3, danneggiamenti al film dovuti, per esempio, ad abrasioni, saldature, od altre cause imputabili alle operazioni di montaggio e/o piccole zone rimaste grezze. Le operazioni da eseguire consistono:

- nell'accurata raschiatura, prevedendo eventuale picchiettatura, fino alla completa eliminazione di tutta la pittura danneggiata e/o in fase di distacco e la successiva spazzolatura al grado St3 della norma ISO 8501-1 per eliminare la ruggine;
- nell'accurata raschiatura e spazzolatura al grado St3 della norma ISO 8501-1, delle superfici grezze; nello sgrassaggio e nell'accurata spolveratura e pulizia di tutta la superficie, con rimozione delle sostanze solubili in acqua, quali sali, salsedine, depositi incoerenti non aderenti, come polveri, fanghi, ecc.

Cicli di pitturazione

I cicli di pitturazione devono essere sviluppati in accordo alla norma EN ISO 12944-5 e devono essere individuati per il caso specifico.

In assenza di uno studio specifico, si potranno adottare i sotto indicati cicli di pitturazione in relazione alle classi di corrosività del sito di realizzazione dell'opera.

Ciclo 1 - (ambiente classificato C3: urbano e industriale con modesto inquinamento)

Denominazione	Poliuretano alifatico.
Campo di applicazione:	Per superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C3 secondo UNI ISO 12944-5. (Ad esempio: ambienti urbani ed industriali con modesto inquinamento da anidride solforosa; zone costiere con bassa salinità; locali di produzione con alta umidità, quali industrie alimentari, lavanderie, birrerie e caseifici).
Preparazione	Sabbatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano -	Zincante epossidico organico, sp. 60 micron.
2a mano -	Epossipoliammidica, sp. 50 micron.
3a mano -	Poliuretano - alifatico, sp. 50 micron.

Ciclo 2 - (ambiente classificato C4: industriale particolarmente aggressivo, marino)

BASE

Denominazione	Poliuretano alifatico.
Campo di applicazione:	Per superfici in acciaio al carbonio in ambiente classificato C4 secondo UNI ISO 12944-5. (Ad esempio: ambienti industriali; zone costiere con moderata salinità; impianti chimici (all'interno), piscine, cantieri costieri per imbarcazioni).
Preparazione	Sabbatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano -	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano -	Epossipoliammidica, sp. 120 micron.
3a mano -	Poliuretano - alifatico, sp. 60 micron.

VARIANTE 1

Denominazione	Acrilico alifatico.
Preparazione	Sabbatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano -	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano -	Smalto acrilico alifatico a due componenti (idoneo per applicazioni su zincato a freddo), sp. 60 micron.
finitura:	

VARIANTE 2

Denominazione	Clorocaccia alchidico.
Preparazione	Sabbatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano -	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano -	Clorocaccia puro monocomponente, sp. 35 micron.
3a mano -	Smalto alchidico clorocaccia , sp. 35 micron.

Note:

Gli spessori sopra indicati sono da intendersi come "spessori minimi a film secco".

(1) Da applicare in opera. Per i tempi di sopravverniciabilità della mano intermedia attenersi alla scheda tecnica del produttore.

Ciclo 3

BASE

Denominazione	Poliuretano alifatico modificato.
Campo di applicazione:	Per leghe leggere e superfici ferrose zincate a caldo.
Preparazione delle superfici:	Sgrassaggio con solventi non clorurati. In alternativa alla sgrassaggio effettuare una sabbatura Sa1: utilizzare sabbia molto fine, normalmente quello di recupero. Non utilizzare graniglia metallica.
1a mano -	Epossipoliammidico, sp. 50 micron.

2a mano - Poliuretana - alifatica, sp. 40 micron.

VARIANTE 1

Denominazio Acrilico alifatico modificato.
Preparaz. Sgrassaggio con solventi non clorurati. In
delle alternativa alla sgrassag- gio effettuare una
superfici: sabbiatura Sa1: utilizzare sabbia molto fine, nor-
malmente quello di recupero. Non utilizzare
graniglia metallica.

mano unica: Smalto acrilico alifatico a due componenti, idoneo
(*) per applicazione anche su materiali non ferrosi
quali lamiera zincata a caldo ed alluminio, sp. 70
micron.

(*) Deve essere verificata questa idoneità, poiché non tutte le resine acriliche danno
aggrappaggio su lamiere zincate a caldo e allumi- nio, rischiando uno sfogliamento della

Note:

Gli spessori sopra indicati sono da intendersi come "spessori minimi a film secco".

Ciclo 4

Denominazion Ciclo resistente al fuoco con vernici intumescenti ed
e: ignifughe.

Campo di Per la protezione dal fuoco di strutture metalliche.
Preparaz. Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - Zincante inorganico a solvente, sp. 75 micron.
2a mano - tie- Epossidico, sp. 35 micron.
3a mano: Vernice intumescente, sp. (vedi nota 2).
4a mano - Usare vernici consigliate dal produttore della vernice
finitura: intumescente.

VARIANTE 1

Preparaz. Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - Primer epossidico a due componenti, sp. 75 micron.
2a mano: Non necessaria.
3a mano: Vernice intumescente, sp. (vedi nota 2).
4a mano - Smalto clorocaucciù puro monocomponente, sp. 40
finitura: micron.

VARIANTE 2

Preparaz. Sabbiatura grado Sa2.
1a mano - Primer epossidico a due componenti, tipo *Surface*
Tolerant,
2a mano: Non necessaria.
3a mano: Vernice intumescente, sp. (vedi nota 2).
4a mano - Smalto clorocaucciù puro monocomponente, sp. 40
finitura: micron.

Note:

Gli spessori sopra indicati sono da intendersi come "spessori minimi a film secco".

Lo spessore della vernice intumescente dovrà essere definito in funzione del tipo e delle dimensioni di ogni
singolo profilo (fattore di massività), della sollecitazione specifica e della resistenza al fuoco *R* richiesta, in
base ai dati comunicati dal Progettista.

Nel caso di strutture zincate a caldo, prima dell'applicazione della vernice intumescente, le superfici da
proteggere dovranno essere sgrassate con solventi non clorurati e verniciate applicando la 2a, la 3a e la 4a
mano del ciclo sopra indicato.

Controlli ed accettabilità dei cicli di pitturazione

La pitturazione deve essere eseguita in accordo alla norma EN ISO 12944-7.

Il grado di pulizia prescritto per le superfici da verniciare va controllato secondo EN ISO 8501, ed il grado di rugosità prescritto, secondo EN ISO 8503-2.

Il controllo dello spessore di ogni strato (film secco) va eseguito secondo ISO 19840.

Va eseguita una ispezione visiva per controllare che la verniciatura risponda alle caratteristiche prescritte, secondo la UNI EN ISO 12944-7. La eventuale individuazione di aree di riferimento per il controllo della verniciatura secondo la norma citata va fatto solo per le classi di corrosione da C3 a C5.

Art.22 Gestione della qualità

Art.22.1 Documentazione relativa alla qualità

L'Appaltatore deve mantenere e predisporre un sistema di gestione della qualità per assicurare che le procedure di progetto, di realizzazione dei dettagli costruttivi, di acquisto, di fabbricazione, di messa in opera e di predisposizione dei trattamenti protettivi per i componenti strutturali e per l'intera struttura, possano dar luogo ad un prodotto conforme ai requisiti di questo CT e della UNI EN 1090-2 in funzione della classe di esecuzione scelta.

L'Appaltatore deve predisporre e mantenere, per le strutture in classe di esecuzione EXC2-3-4, tutta la documentazione d'obbligo richiamata al §11.3 delle NTC, e comunque la seguente documentazione:

- Organigramma della società con individuazione dei ruoli di responsabilità relativi alle attività di produzione;
- Procedure ed istruzioni operative da applicare nelle lavorazioni (WPS-Welding Procedure Specifications, Procedura d'Ispezione per mezzo di Liquidi Penetranti, Procedura di Controllo delle Unioni Bullonate, Procedura per il Ripristino delle Verniciature, etc.);
- Piano specifico di controlli sulle lavorazioni (Piano di Controllo della Qualità, Piano della Saldatura, Welding Book);
- Documentazione per garantire la rintracciabilità (Ove richiesta);
- Documentazione di Controllo produzione in fabbrica (FPC);
- Dichiarazione di prestazione (DOP) e marcatura CE delle componenti;
- Procedura per la gestione delle modifiche in corso d'opera;
- Procedura per la gestione delle non conformità.

Art.22.2 Piano della qualità

L'Appaltatore deve predisporre e mantenere un adeguato Piano della Qualità per l'esecuzione delle sue attività. Esso deve contenere informazioni riguardo:

- Organigramma della società con individuazione dei ruoli di responsabilità relativi alle attività di produzione;
- Organizzazione della attività di controllo della produzione, con individuazione dei controlli da eseguire, individuazione delle responsabilità per le varie attività, e modalità di archiviazione e di consultazione dei risultati dei controlli;
- Individuazione della documentazione disponibile relativa alla qualità di cui all'Art.22.1.

Parte 3 NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art.23 Oneri compresi nei prezzi

Con i singoli prezzi pattuiti con il Committente, si intendono compensati anche gli oneri derivanti all'Appaltatore dall'operare in ottemperanza alle specifiche prescrizioni tecniche stabilite nel presente CT, e gli oneri particolari precisati nel seguito, ove esistenti, con le sole esclusioni

esplicitamente indicate; tali precisazioni si intendono esplicative e non limitative. Pertanto, anche se non espressamente indicato, nelle varie categorie di lavoro si intende compreso anche tutto quanto necessario per realizzare in modo finito e completo quanto è oggetto dell'Appalto. Ove non diversamente indicato, i prezzi si intendono per lavorazioni eseguite a qualsiasi quota. Gli oneri derivanti dalla progettazione affidata all'Appaltatore, quelli derivanti dall'applicazione del Sistema di Qualità, quelli derivanti dall'esecuzione dei controlli durante le fasi di montaggio e la documentazione certificativa di avvenuta controllo, sono a cura e spese dell'Appaltatore e s'intendono compresi nei prezzi definiti in fase d'ordine.

Art.24 Bulloni d'ancoraggio

Sono compresi i sotto riportati elementi complementari:

- le parti accessorie dei bulloni risultanti dal progetto;
- le maschere di montaggio;
- le carpenterie metalliche, le armature aggiuntive per il posizionamento e supporto dei bulloni e delle maschere di montaggio.

La contabilizzazione verrà effettuata applicando i prezzi unitari definiti alla somma teorica dei pesi reali dei bulloni e degli elementi complementari sopra definiti, risultanti dai computi metrici derivati dai disegni costruttivi d'officina.

Art.25 Strutture in acciaio - norme misurazione e valutazione

Le strutture in acciaio, ai fini della contabilizzazione, possono essere suddivise nelle categorie di seguito elencate:

- carpenterie normali, comprendenti tutti gli elementi strutturali sia principali che secondari;
- carpenterie complementari, comprendenti:
- scale a rampe e/o pioli complete di gabbia di protezione;
- ringhiere e parapetti completi di parapiede;
- profilati di protezione;
- inserti di carpenteria da inserire in strutture in c.a.;
- simulacri d'ingombro;
- dime e manicotti;
- rete elettrosaldata per getto solai;
- carpenterie aggiuntive, comprendenti elementi di rinforzo per strutture esistenti, e/o elementi strutturali da porre in opera in strutture esistenti (se il montaggio è compreso nella fornitura).

La contabilizzazione verrà effettuata applicando i prezzi unitari definiti ai pesi teorici risultanti dai computi metrici ricavati dai disegni costruttivi, sulla base del peso specifico di 7,85 t/m³. Nelle valutazioni di peso re- stano escluse le incidenze delle tolleranze di laminazione e dei materiali di saldatura, oneri che devono essere preventivamente incorporati nei prezzi unitari di contabilizzazione delle carpenterie. E' compreso invece il peso delle bullonature.

Art.26 Lamiere grecate, lamiere striate o bugnate

Sono compresi i sotto riportati elementi complementari:

- i materiali di montaggio;
- i connettori di ancoraggio;
- le bordature, i piatti di rinforzo e gli elementi di raccordo.

La contabilizzazione verrà effettuata applicando i prezzi unitari definiti ai pesi teorici risultanti dai computi metrici ricavati dai disegni costruttivi. Nelle valutazioni di peso restano escluse le incidenze relative agli elementi complementari, oneri che devono essere preventivamente incorporati nel prezzo unitario di contabilizzazione.

Art.27 Cicli di pitturazione

La preparazione delle superfici e l'applicazione dei cicli sono contabilizzati separatamente.

Misurazione:

I prezzi di elenco relativi alle preparazioni ed all'applicazione dei cicli, distinti in base al tipo di trattamento e in base alle condizioni operative quali: esecuzione fuori cantiere; esecuzione a piè d'opera; esecuzione in opera sia su superfici esposte che su superfici interne (serbatoi chiusi, strutture scatolari e simili), sono applicati alle quantità ricavate come più avanti indicato. I prezzi relativi alle mani singole, distinti come detto per i cicli completi, sono applicati, in sostituzione dei prezzi relativi ai cicli completi, alle quantità ricavate come più avanti indicato, solo quando sono richieste dal Committente applicazioni non complete od applicazioni di mani aggiuntive ovvero quando è richiesta l'applicazione delle mani di cicli completi in condizioni operative diverse (esempio: prime mani fuori cantiere e mani a finire a piè d'opera od in opera). Quando le condizioni operative dipendono dalla scelta dell'Appaltatore, si applicano i prezzi relativi alle condizioni operative meno onerose e più economiche.

Superfici in genere.

Salvo quanto esplicitamente indicato in seguito, i prezzi di elenco sono applicati alle quantità corrispondenti alle superfici effettive ricavate da misurazioni eseguite con metodo geometrico; non sono comunque detratti i vani inferiori a 0,2 m².

Strutture portanti metalliche.

Le superfici delle strutture portanti sono misurate senza eseguire detrazioni né per tagli né per incastri fra le strutture e senza tener conto in alcun modo delle sporgenze dei bulloni. I ferri piatti e/o profilati uniti tra di loro, costituenti prolungamento di trave, vengono conteggiati considerando lo sviluppo della trave prolungata. Per i fazzoletti, mensole di lamiera, piastre, coste, ecc., chiamata S l'area totale di una faccia, la contabilizzazione delle loro parti pitturate è così effettuata:

- S inferiore o uguale a 0,1 m² = non sono contabilizzate in alcun modo;
- S maggiore di 0,1 m² = si contabilizzano le superfici effettivamente verniciate.

Lamiere striate.

I prezzi d'elenco sono applicati alle quantità corrispondenti alla superficie delle lamiere considerate come lisce.

Grigliati.

I prezzi d'elenco sono applicati alla superficie coperta dal grigliato, moltiplicata per un coefficiente maggiorativo stabilito come segue, con riferimento all'interesse degli elementi:

- per interassi minori o uguali a 30 mm: coefficiente pari a 2,0;
- per interassi maggiori di 30 mm: coefficiente pari a 1,5.

Lamiere grecate.

senza tener conto di eventuali prolungamenti od attacchi. I supporti di sostegno per eventuali fili spinati (non pitturati) su inferriate vanno conteggiati separatamente e per la parte eccedente l'altezza dell'inferriata stessa.

Inferriate, cancelli, parapetti e paraschiena.

I prezzi d'elenco sono applicati alle quantità ottenute misurando, da una sola parte, la superficie in vista, vuoto per pieno, dopo la posa. Per i parapetti viene considerata quale altezza quella riferita al piano di calpestio.

Parte 4 VERIFICHE E ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI

Art.28 Ordine dei lavori

L'Appaltatore dovrà iniziare i lavori non oltre 20 giorni dalla data del verbale di consegna ed in caso di ritardo sarà applicata una penale giornaliera pari all'importo della penale per ritardo nella ultimazione dei lavori: qualora il ritardo superasse il termine di cui sopra la Committenza potrà procedere alla risoluzione del contratto e all'incameramento della cauzione, salvo i

maggiori danni.

In generale, l'Appaltatore ha facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché esso, a giudizio della Direzione, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere e agli interessi della Committenza.

La Committenza si riserva, in ogni caso, il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dall'esecuzione di opere ed alla consegna delle forniture escluse dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, presenterà alla Direzione dei Lavori, per l'approvazione, il programma operativo dettagliato e distinto per categorie delle opere e dei relativi importi a cui si atterrà nell'esecuzione dei lavori

Il programma approvato, mentre non vincola la Committenza che potrà ordinare modifiche anche in corso di attuazione, è invece impegnativo per l'Appaltatore che ha l'obbligo di rispettare il programma di esecuzione. La mancata osservanza delle disposizioni del presente articolo dà facoltà alla Committenza di non stipulare o di risolvere il Contratto per colpa dell'Appaltatore.

Art.29 Verifiche e prove in corso d'opera degli impianti elettrici

Durante il corso dei lavori, la Committenza si riserva di eseguire verifiche e prove preliminari sugli impianti o parti degli stessi, così da poter tempestivamente intervenire nel caso in cui non fossero rispettate le condizioni del presente Capitolato Speciale e del progetto.

Le verifiche potranno consistere nell'accertamento della rispondenza dei materiali impiegati con quelli stabiliti, nel controllo delle installazioni secondo le disposizioni convenute (posizioni, percorsi ecc.), nonché in prove parziali di isolamento e di funzionamento e in tutto quello che può essere utile allo scopo sopra accennato.

Dei risultati delle verifiche e delle prove preliminari di cui sopra, la Direzione dei Lavori dovrà compilare regolare verbale.

Art.30 Verifiche provvisorie a lavori ultimati per impianti elettrici

Dopo l'ultimazione dei lavori ed il rilascio del relativo certificato da parte della Committenza, questa ha la facoltà di prendere in consegna gli impianti, anche se il collaudo definitivo degli stessi non abbia ancora avuto luogo. In tal caso, però, la presa in consegna degli impianti da parte della Committenza dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi che abbia avuto esito favorevole. Anche qualora la Committenza non intenda avvalersi della facoltà di prendere in consegna gli impianti ultimati prima del collaudo definitivo, essa può disporre affinché, dopo il rilascio del certificato di ultimazione dei lavori, si proceda alla verifica provvisoria degli impianti.

È pure facoltà dell'Appaltatore di chiedere che, nelle medesime circostanze, la verifica provvisoria degli impianti abbia luogo.

La verifica provvisoria accerterà che gli impianti siano in condizione di funzionare normalmente, che siano state rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni ed, in particolare, dovrà controllare:

- lo stato di isolamento dei circuiti;
- la continuità elettrica dei circuiti;
- il grado di isolamento e le sezioni dei conduttori;
- l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni del massimo carico previsto;
- l'efficienza delle protezioni contro i contatti indiretti.

La verifica provvisoria ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, l'esito del funzionamento degli impianti ad uso degli utenti a cui sono destinati.

Ad ultimazione della verifica provvisoria, la Committenza prenderà in consegna gli impianti con regolare verbale.

Si devono effettuare le seguenti verifiche:

Art.30.1 Esame a vista

Dovrà essere eseguita un'ispezione viva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme generali, delle norme degli impianti di terra e delle norme particolari relative all'impianto installato. Il controllo dovrà accertare che il materiale elettrico,

che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative norme, sia stato scelto correttamente e installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che ne possano compromettere la sicurezza.

I controlli a vista riguarderanno:

protezioni, misura di distanze nel caso di protezione con barriere; presenza di adeguati dispositivi di sezionamenti e interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne, identificazione dei conduttori di neutro e protezione, fornitura di schemi, cartelli ammonitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.

È opportuno che tali esami inizino durante l'esecuzione dei lavori.

Art.30.2 Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione

Andrà verificato che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si controllerà che il dimensionamento sia stato eseguito in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; si verificherà inoltre che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

Art.30.3 Verifica delle stabilità dei cavi

Al fine di controllare la stabilità dei cavi, essi dovranno essere estratti dal tratto di tubo o condotto compreso tra due cassette o scatole successive, assicurandosi che tale operazione non provochi danneggiamenti agli stessi. La verifica va eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente a una percentuale compresa tra l'1% e il 5% della lunghezza totale. A questa verifica prescritta dalla norma CEI 64-8 (Impianti elettrici degli edifici civili), si dovranno aggiungere, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e nelle costruzioni modulari, le verifiche relative al rapporto tra diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, e al dimensionamento dei tubi o condotti.

Quest'ultima verifica si dovrà effettuare a mezzo di apposita sfera come descritto nella norma CEI anzi richiamata.

Art.30.4 Misura della resistenza di isolamento

Si esegue con l'impiego di un ohmmetro la cui tensione continua sia di circa 125 V nel caso di muratura su parti di impianto di categoria O oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza, e di circa 500 V nel caso di misura su parti di impianto di 1^a categoria.

La misura andrà effettuata tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) e il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro e, durante lo svolgimento della stessa, gli apparecchi utilizzatori dovranno essere disinseriti. Essa va riferita a ogni circuito, intendendosi per circuito la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

I valori minimi ammessi per le costruzioni sono:

per le costruzioni tradizionali

- 400.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

per costruzioni prefabbricate:

- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 150.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

Art.30.5 Misura delle cadute di tensione

•La misura delle cadute di tensione va eseguita tra il punto di inizio dell'impianto e il punto scelto per la prova mediante l'inserimento di un voltmetro nel punto iniziale e un altro nel secondo punto:

- i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione.
- Dovranno essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente.
- Le letture dei due voltmetri verranno eseguite contemporaneamente procedendo poi alla

determinazione della caduta di tensione percentuale.

Art.30.6 Verifica delle protezioni contro i corto circuiti e i sovraccarichi

- Si deve controllare che:
- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

Art.30.7 Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti

- Dovranno essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (norma CEI 64-8)
- Le verifiche riguarderanno in particolare:
 - a) esame a vista dei conduttori di terra e di protezione. Ossia andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori che delle giunzioni. Sarà necessario inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
 - b) misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, che dovrà essere effettuata con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione, che vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro. Si possono ritenere ubicati in modo corretto quando siano sistemati a una distanza dal suo contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza deve essere mantenuta tra la sonda di tensione e il dispositivo ausiliario;
 - c) controllo, in base ai valori misurati, del coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente o differenziale. Per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore va controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, da richiedersi al distributore di energia elettrica;
 - d) quando è necessario, misure delle tensioni di contatto e di passo, che vengono di regola eseguite da professionisti, ditte o enti specializzati, seguendo le istruzioni fornite dalla norma CEI 64-8;
 - e) nei locali da bagno, la verifica della continuità del collegamento equipotenziale tra le tubazioni metalliche di adduzione e di scarico delle acque, tra le tubazioni e gli apparecchi sanitari, tra il collegamento equipotenziale e il conduttore di protezione. Tale controllo deve essere eseguito prima della muratura degli apparecchi sanitari.

Art.30.8 Norme generali comuni per le verifiche in corso d'opera, per la verifica provvisoria e per il collaudo definitivo degli impianti

Per le prove di funzionamento e di rendimento delle apparecchiature e degli impianti, prima di iniziarle, il collaudatore dovrà verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna (specialmente tensione, frequenza e potenza), siano conformi a quelle previste nel presente Capitolato Speciale d'appalto e cioè a quelle in base alle quali furono progettati ed eseguiti gli impianti.

Nel caso in cui le anzidette caratteristiche della corrente di alimentazione (se non prodotta da centrale facente parte dell'appalto) all'atto delle verifiche o del collaudo non fossero conformi a quelle contrattualmente previste, le prove dovranno essere rinviate a quando sia possibile disporre di corrente d'alimentazione avente tali caratteristiche, purché ciò non implichi dilazione della verifica provvisoria o del collaudo definitivo superiore a un massimo di 15 giorni.

Se vi sono al riguardo impossibilità dell'Azienda elettrica distributrice o se la Committenza non intende disporre per modifiche atte a garantire un normale funzionamento degli impianti con la corrente di alimentazione disponibile, potranno egualmente aver luogo sia le verifiche in corso d'opera, sia la verifica provvisoria a ultimazione dei lavori, sia il collaudo definitivo. Il Collaudatore, tuttavia, deve tenere conto, nelle verifiche di funzionamento e nella determinazione dei rendimenti, delle variazioni delle caratteristiche della corrente disponibile per l'alimentazione rispetto a quelle contrattualmente previste secondo le quali gli impianti sono stati progettati ed eseguiti.

L'Appaltatore è tenuto, a richiesta della Committenza, a mettere a disposizione normali apparecchiature e strumenti adatti alle misure necessarie per:

- le verifiche in corso d'opera,

- la verifica provvisoria a ultimazione dei lavori,
- il collaudo definitivo.

Se, totalmente o solo in parte, gli apparecchi utilizzatori e le sorgenti di energia non sono inclusi nelle forniture comprese nell'appalto, spetterà alla Committenza provvedere a quelli di propria competenza qualora essa desideri che le verifiche in corso d'opera, quella provvisoria a ultimazione dei lavori e quella di collaudo definitivo, ne accertino la funzionalità.