



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE CIVILI

UFFICIO PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI



COMUNE DI TESERO
LAVORI PUBBLICI E AMBIENTE



Lavori di adeguamento dello
stadio del fondo a Lago di Tesero
UF1A - Nuovo interrato

FASE PROGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

CATEGORIA:

STRUTTURE

TITOLO TAVOLA:

NUOVO EDIFICIO INTERRATO:
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
NORME TECNICHE - STRUTTURE

C. SIP:	C. SOC:	SCALA:	FASE PROGETTO:	TIPO ELAB.:	CATEGORIA:	PARTE D'OPERA:	N° PROGR.	REVISIONE:
E-90/000	5360	---	E	R	120	UF1A	003	-

PROGETTO ARCHITETTONICO:

arch. Marco GIOVANAZZI

PROGETTO STRUTTURE e ANTINCENDIO:

ing. Marco SONTACCHI

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
- ● -
dott. ing. MARCO SONTACCHI
ISCRIZIONE ALBO N° 1756

Visto ! IL DIRIGENTE:

ing. Marco GELMINI

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI:

ing. Renato COSER

PROGETTO IMPIANTI TERMOMECCANICI:

ing. Giovanni BETTI

Visto ! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO :

arch. Silvano TOMASELLI

IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTO:

ing. Gabriele DEVIGILI

CSP:

ing. Piero MATTIOLI

RELAZIONE GEOLOGICA:

geol. Mirko DEMOZZI

RELAZIONE ACUSTICA:

ing. Matteo AGOSTINI

Art. 1 Oggetto dell'appalto

L'oggetto dell'appalto consiste nell'esecuzione di tutti i lavori e forniture necessari per l'esecuzione dell'opera di **adeguamento dello stadio del fondo a Lago di Tesero (TN) – UF1A -Olimpiadi Milano-Cortina 2026**. In particolare l'opera riguarda la realizzazione del nuovo locale interrato che ospiterà i locali tecnici ed i servizi per gli atleti e addetti impegnati nelle competizioni.

L'appaltatore è obbligato ad eseguire l'opera per le quantità desumibili dagli elaborati grafici di progetto, ancorché si discostino dalle quantità indicate nelle singole voci del computo metrico estimativo, fermo restando quanto disposto in materia di varianti dal capitolato speciale d'appalto-norme amministrative.

Art. 2 Norme tecniche relative a materiali e componenti

Per le quantità e la provenienza dei materiali e il modo di esecuzione di ogni categoria di lavoro devono essere rispettate le prescrizioni del presente Capitolato; tutti i materiali, i componenti e le forniture dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L. prima di essere utilizzati.

Nel caso vengano posti in opera materiali, componenti o forniture non autorizzate, ai fini di salvaguardare la riuscita tecnica dell'opera, la D.L. potrà ordinarne la sostituzione senza che l'Appaltatore abbia diritto ad alcun compenso di sorta.

Art. 3 Strutture

Si definisce struttura l'insieme di elementi (composti di materiali con denominate caratteristiche e proprietà interne da corredare con esigenze statiche esterne e organizzati secondo i principi della scienza delle costruzioni e della tecnologia) che costituisce l'ossatura portante dell'edificio, garantendone la stabilità per un tempo indefinito.

I sovraccarichi accidentali minimi da adottare sono prescritti dalla normativa vigente in rapporto all'utilizzo indicato nei disegni di progetto.

Le dimensioni di pilastri, travi, cordoli, solette, murature in c.a. e la relativa armatura metallica saranno stabilite dai calcoli e relativi disegni esecutivi facenti parte del contratto.

Art. 4 Qualità e provenienza dei materiali - prescrizioni generali

I materiali occorrenti per l'esecuzione delle opere appaltate dovranno presentare i requisiti prescritti per ognuno dal Capitolato salvo il caso che nel Capitolato stesso siano determinati i luoghi da cui debbano prendersi alcuni dei materiali medesimi.

Essi dovranno essere lavorati secondo le migliori regole dell'arte e forniti, per quanto possa essere di competenza dell'Impresa, in tempo debito per assicurare l'ultimazione dei lavori nel termine assegnato.

A ben precisare la natura delle provviste di materiali occorrenti alla esecuzione delle opere la Direzione dei Lavori potrà richiedere che l'impresa presenti, per le principali provviste, un certo numero di campioni, da sottoporre alla scelta ed all'approvazione della Direzione stessa, la quale, dopo averli sottoposti alle prove prescritte, giudicherà sulla loro forma, qualità e lavorazione e determinerà in conseguenza il modello su cui dovrà esattamente uniformarsi l'impresa per l'intera provvista.

La Direzione Lavori ha facoltà di prescrivere le qualità dei materiali che si devono impiegare in ogni singolo lavoro, quando trattasi di materiali non contemplati nel presente Capitolato.

I campioni rifiutati dovranno immediatamente, ed a spesa esclusiva dell'Impresa, asportarsi dal cantiere e l'impresa sarà tenuta a surrogarli senza che ciò possa darle pretesto alcuno a prolungo del tempo fissato per la ultimazione dei lavori.

Anche i materiali ammessi al Cantiere non si intendono perciò solo accettati e la facoltà di rifiutarli persistrà anche dopo la loro collocazione in opera qualora non risultassero corrispondenti alle prescrizioni del Capitolato.

L'Appaltatore dovrà demolire e rifare a sue spese e rischio i lavori eseguiti senza la necessaria diligenza e con materiali per qualità, misura e peso diversi dai prescritti, anche in caso di sua opposizione o protesta. In merito alla eventuale opposizione o protesta, da esprimersi nelle forme prescritte dal Capitolato, verrà deciso secondo la procedura stabilita dal Capitolato medesimo.

Allorché il Direttore dei Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, egli potrà ordinare le necessarie verifiche.

Le spese relative saranno a carico dell'Appaltatore quando siano constatati vizi di costruzione. Riconosciuto che non vi siano difetti di costruzione, l'Appaltatore avrà diritto al solo rimborso delle spese effettive sostenute per le verifiche, escluso qualsiasi altro indennizzo o compenso.

Art. 5 **Qualità e provenienza dei materiali: materiali in genere**

I materiali in genere occorrenti per la costruzione delle opere potranno provenire da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della D.L., siano riconosciuti della migliore qualità nella specie e rispondano ai requisiti appresso indicati.

L'Impresa è inoltre tenuta all'osservanza delle disposizioni sulla normalizzazione dei materiali secondo le prescrizioni della normativa vigente.

I materiali non accettati dalla D.L. dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

Art. 6 **Composizione delle malte e dei calcestruzzi**

I materiali componenti le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi premiscelati, dovranno ad ogni impasto essere misurati, dosati ed impiegati nelle quantità previste nelle relative voci dell'elaborato "Elenco descrittivo delle voci" o indicate dalla D.L.; in carenza di quanto sopra si adotteranno le seguenti dosature:

- A. Malta di calce aerea (malta comune per murature) (1:3)**

Calce spenta (da almeno tre mesi) in pasta	mc	0.30
Sabbia	mc	0.90
- B. Malta comune per intonaco rustico (rinzaffo) e per stabilire (1:2)**

Calce spenta (da almeno tre mesi) in pasta	mc	0.40
Sabbia	mc	0.80
- C. Malta idraulica per murature**

Calce eminentemente idraulica	q.li	3.50
Sabbia	mc	1.00
- D. Malta bastarda**

Malta di cui alla lettera A.	mc	1.00
Cemento Portland tipo "325"	q.li	1.50
- E. Malta cementizia per murature**

Cemento Portland tipo "325"	q.li	3.00
Sabbia	mc	1.00
- F. Malta cementizia per intonaci**

Cemento Portland tipo "325"	q.li	5.00
Sabbia	mc	1.00
- G. Malta cementizia grassa per la superficie di pavimenti**

Cemento Portland tipo "325"	q.li	8.00
Sabbia	mc	1.00
- H. Calcestruzzi per c.a., per fondazioni e per murature in elevazione**
Vedi voci relative dell'elaborato "Elenco descrittivo delle voci"

Quando la D.L. ritenesse di variare le proporzioni sopra indicate, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo, compensate con i prezzi dei materiali a più d'opera, in base alle nuove proporzioni previste. L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, o a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici; gli ingredienti componenti le malte ed i conglomerati, dovranno essere prima mescolati a secco fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità d'acqua necessaria e rimescolato continuamente.

Gli impasti, sia di malta che di conglomerato, dovranno essere preparati nelle quantità strettamente necessarie per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati di volta in volta e, per quanto possibile, nelle vicinanze del lavoro; i residui d'impasto che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad accezione di quelli formati con calce comune che potranno essere utilizzati nell'arco del giorno di confezionamento. Per i conglomerati cementizi semplici ed armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni del D.M. del 01.04.1983 e successive modificazioni ed integrazioni.

I calcestruzzi da impiegarsi in qualsiasi lavoro dovranno essere messi in opera a strati orizzontali di altezza da 20 a 30 cm su tutta l'estensione della parte di opera che si esegue in quel momento e vibrati con

vibratore ad alta frequenza; durante il getto il casserò da riempirsi dovrà essere completamente asciutto e resta pertanto a carico dell'Impresa ogni eventuale aggottamento d'acqua. Finito che sia il getto e spianata con ogni diligenza la superficie superiore, il calcestruzzo dovrà essere lasciato assodare per tutto il tempo che la D.L. stimerà necessario per raggiungere il grado di indurimento che dovrà sopportare; durante il periodo di stagionatura tutti i getti dovranno essere tenuti al riparo dall'azione pregiudiziale del caldo, del vento, del gelo, dell'acqua corrente, delle vibrazioni e degli agenti chimici dannosi avendo cura di provvedere ad abbondanti e frequenti annaffiamenti per circa quindici giorni ed eventualmente alla copertura con uno strato di sabbia umida.

Art. 7 **Opere di conglomerato cementizio semplice od armato**

Le opere in conglomerato cementizio semplice od armato dovranno essere eseguite in conformità alla legislazione in materia di cementi armati semplici, armati e precompressi, vigente od emanata prima dell'inizio dei lavori.

Le modalità di impiego dovranno conformarsi ai risultati delle verifiche sperimentali ufficialmente certificate e assicurare per tutte le condizioni di servizio delle strutture così realizzate, coefficiente di sicurezza non inferiori a quelli conseguibili con il metodo di calcolo alle tensioni ammissibili e con quello semiprobabilistico agli stati limite come previsto dal D.M. del 12.02.1983 e successive modificazioni ed integrazioni.

Qualora le prove effettuate sui campioni di conglomerato, prelevato durante il getto, diano rotture di compressione inferiori a quelle previste a 28 giorni e sempre che la D.L. tolleri le relative strutture senza ordinarne la relativa demolizione ed il successivo rifacimento, il tutto a spese dell'Appaltatore, verrà applicata una penale la cui congruità dovrà essere convalidata dal Collaudatore.

GETTI A BASSE TEMPERATURE

A temperature inferiori a zero gradi centigradi si dovrà sospendere il getto od adottare precauzioni tali che lo stesso non abbia a gelare durante la presa; in ogni caso è vietato l'uso di anticongelanti che, a giudizio della D.L., risultino dannosi per il calcestruzzo e per le armature; le parti eventualmente danneggiate dal gelo dovranno essere asportate, demolite e ricostruite.

DISTANZIATORI PER CASSERI

Al fine di garantire una perfetta realizzazione dell'opera si prescrivono distanziatori per i casserì in calcestruzzo fibro-rinforzato.

INTERRUZIONE DEI GETTI

Nell'eventuale interruzione dei getti, i punti di interruzione dovranno essere preventivamente concordati; fondamentalmente si deve seguire la regola che, nelle strutture inflesse, l'interruzione deve aver luogo nelle sezioni sollecitate dal momento minimo assoluto; all'interruzione il getto dovrà essere contenuto entro veri e propri casserì che ne permettano il costipamento.

Tutte le riprese di getto, nelle zone bagnate, dovranno essere eseguite o con l'inserimento di Water-stop in gomma o con cordoni bentonitici espansivi o con prodotti che garantiscano la saldatura dei getti a contatto.

SEZIONI RIDOTTE

Per elementi in c.a. con ridotta sezione del calcestruzzo ed elevata densità d'armatura, si dovranno usare, in accordo con la Direzione dei Lavori, degli additivi superfluidificanti e riduttori d'acqua in dosi opportune al fine di limitare i fenomeni di ritiro.

DISARMO

Per il disarmo dovrà essere osservato quanto in merito prescritto dalle norme in materia; la D.L. potrà però variare dette Norme prolungando il termine del disarmo.

SUPERFICI DEI GETTI

Le parti viste dei getti, dopo il disarmo saranno opportunamente pulite e corrette, con cura e magistero, e senza alcun compenso all'Impresa, in modo che le superfici esterne risultino perfettamente regolari e sive da difetti e sbavature; dovrà in ogni caso essere impedito che con getti male eseguiti vengano a formarsi caverne nelle superfici esterne ciò darà diritto all'Amministrazione appaltante di ordinare la demolizione ed il rifacimento senza alcun compenso.

CALCESTRUZZI FACCIA VISTA

Le strutture in c.a. a vista dovranno essere eseguite, salvo diversa prescrizione della D.L., con casseforme confezionate con tavole di abete piallato e perfettamente combacianti, per l'impasto del calcestruzzo dovrà essere impiegata ghiaia vagliata di idonea granulometria e nell'impasto dovrà essere aggiunto fluidificante; le superfici dovranno risultare lisce e regolari e non saranno tollerati stuccature o rappezzì; la D.L., a suo insindacabile giudizio può obbligare l'impresa al lavaggio di ghiaia, sabbia e pietrisco.

Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

CLASSE D'ESPOSIZIONE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (DM 17/01/2018) rendono obbligatoria l'indicazione della classe di esposizione ambientale già prevista nelle UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004; si prescrive:

X0 - assenza di rischio di corrosione dell'armatura: per le opere di sottofondazione (magroni) di classe < C25/30;

XC1 - asciutto o permanentemente bagnato: $a/c_{max} = 0,60$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 300; minima classe di resistenza: C25/30 per le opere in c.a. convenientemente protette (intonacate, coibentate, ecc.);

XC2 - bagnato, raramente asciutto: $a/c_{max} = 0,60$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 300; minima classe di resistenza: C25/30 per le opere di fondazione ed i manufatti interrati;

XC3 – moderatamente umido: $a/c_{max} = 0,55$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 320; minima classe di resistenza: C28/35 per i pilastri del portico e per le velette.

XC4 - ciclicamente asciutto e bagnato: $a/c_{max} = 0,50$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 340; minima classe di resistenza: C32/40 per i muri di recinzione.

Art. 8 Armature in ferro

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente DM 17 gennaio 2018 ai punti 11.3.2.1 e 11.3.2.2.

È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine. I ferri delle armature dovranno essere quelli previsti dalle relative voci dell'elaborato "Elenco descrittivo delle voci" ed avere sezione, forma e disposizione indicata dai disegni esecutivi e dai calcoli statici; comunque dovranno rispettare le Norme in materia, vigenti od emanate prima dell'inizio dei lavori.

È consentito l'uso di acciai alveolati per opere in c.a. calcolate con il metodo di sostituzione secondo i dati delle Circolari n.695 del 15.01.1976 e n. 371 del 21.09.1978 del Consiglio Superiore dei LL.PP. e secondo il D.M. del 12.02.1982 punto 2.2 comma 3 richiamato al capo 1 del D.M. 01.04.1983.

I ferri delle armature, prima dell'impiego, dovranno essere ripuliti da sudiciume, grasso e ruggine; prima dell'inizio del getto, l'armatura in opera dovrà essere sottoposta all'esame della D.L. per ottenere il benestare della rispondenza dell'esecuzione ai disegni.

Durante il getto i ferri dovranno conservare la loro posizione relativa; è assolutamente vietata la saldatura per tondini di acciaio ad aderenza migliorata; è inoltre vietato legare tra loro i ferri quando questi siano paralleli; ogni ferro dovrà essere opportunamente distanziato dagli altri in modo da poter essere completamente avvolto dal getto. Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

Art. 9 Specifiche di verniciatura

Si prevede che tutte le tubazioni in acciaio, fuori terra o immerse in acqua e la carpenteria metallica siano zincate a caldo ove non diversamente specificato.

Per le apparecchiature elettromeccaniche ove non diversamente specificato si prevede quanto segue:

Sabbiatura SA2;

1. ripresa zincante epox a freddo;
2. ripresa di vernice epossidica (addizionata con resine acriliche o poliuretaniche) più n. 1 ripresa finale ad ultimazione lavori in cantiere.

Art. 10 Protezione superficiale delle parti metalliche e materiali alternativi

Tutte le parti metalliche soggette a corrosione dovranno essere adeguatamente protette, con specifica garanzia di una durata non inferiore a 5 (cinque) anni del rivestimento protettivo.

In alternativa sarà inoltre possibile offrire la carpenteria in acciaio inox o in materiale diverso dall'acciaio, che per le sue caratteristiche di resistenza dalla corrosione, non abbia bisogno di alcun rivestimento protettivo.

Inoltre dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per la protezione passiva contro la corrosione elettrochimica e da correnti vaganti con l'interposizione di pezzi isolanti nelle tubazioni, tra le flange, nei passaggi di muri, nelle staffe di supporto ecc.

La zincatura a caldo dovrà essere eseguita prima del montaggio e non sarà compatibile con saldature in opera che, almeno localmente distruggerebbero lo strato di zinco.

Le modalità per una corretta zincatura a caldo, dovranno contemplare la norma UNI 5744-66. Un completamente della zincatura a caldo, necessario quando la struttura metallica sia disposta in ambiente

altamente corrosivo (immersa nel terreno o nel liquame o fango), è sempre una verniciatura finale che garantisce la protezione passiva, a corredo della protezione attiva fornita dallo zinco. Occorre che la verniciatura di finitura sia effettuata in modo che sia garantita la perfetta adesione con la zincatura sottostante.

Art. 11 Zincatura a fuoco

Per la realizzazione varrà la norma DIN 50476, a condizione che tutta la superficie (senza tolleranza di errori) sia zincata a fuoco. Dopo l'impiego della zincatura a fuoco gli elementi non potranno più venire carteggiati o saldati.

Le sezioni di quelle condutture che siano state adattate appena sul cantiere, verranno adattate dapprima senza zincatura, poi smontate e trattate come sopra descritto, ed infine nuovamente riconsegnate e montate definitivamente. Tutte le lavorazioni ed i necessari trasporti vanno calcolati nelle corrispettive voci.

Art. 12 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 12.1.

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 12.2.

Tabella 12.1 – Profili 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
Profili ad I laminati a caldo ad ala rastremata		UNI 5679	UNI EN 10024
Profili 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, 10060, 10061	UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Profili cavi finiti a caldo	UNI EN 10210-1	UNI EN 10210-2	UNI EN 10210-2
Profili cavi formati a freddo	UNI EN 10219-1	UNI EN 10219-2	UNI EN 10219-2

NOTE:

(¹) 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 migliorata).

(²) Tolleranza sullo spessore: Classe B; per serbatoi e ciminiere: Classe C.

(³) 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 capitolo.

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 delle temperature 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 $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$.

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) $< 0,035\%$.

Tabella 12.2 – 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 strutturale 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

Art. 13 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, 8.8 e 10.9. 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 13.1.

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

Tabella 13.1 – Accoppiamenti vite-dado-rondella per bulloni non precaricati

Vite [classe]	Dado [classe]	Rondella [durezza]
4.6, 4.8	4, 5, 6 oppure 8	100 HV min.
5.6, 5.8	5, 6 oppure 8	
6.8	6 oppure 8	
8.8	8 oppure 10	100 HV min;
10.9	10 oppure 12	300 HV min (*)

(*) Per giunti a semplice sovrapposizione con una sola fila di bulloni (cfr. UNI EN 1993-1-8 §3.6.1)

Art. 14 **Bulloni precaricati**

I bulloni precaricati sono quelli da impiegare nelle unioni ad attrito. Possono essere impiegati bulloni di classe 8.8 e 10.9. Essi devono essere conformi alla UNI EN 14399-1; le caratteristiche meccaniche devono essere secondo la UNI EN ISO 898-1. Possono essere impiegati bulloni tipo HR secondo UNI EN 14399-3 (assieme vite-dado), o del tipo HV secondo UNI EN 14399-4 (assieme vite-dado). Le rondelle devono essere secondo UNI EN 14399-5 (rondelle piane) oppure UNI EN 14399-6 (rondelle piane smussate).

Possono anche essere impiegati bulloni del tipo HRC a serraggio calibrato secondo UNI EN 14399-10. I bulloni del tipo HR e HV possono anche essere impiegati con rondelle con indicazione di carico secondo UNI EN 14399-9. I bulloni precaricati e non precaricati possono essere zincati a freddo secondo la UNI EN ISO 4042 o a caldo secondo UNI EN ISO 10684. Non è ammessa la zincatura a caldo per i bulloni classe 10.9. In alternativa possono adottarsi altri metodi di protezione purché approvati dal Produttore.

Art. 15 **Tirafondi**

I tirafondi devono essere ricavati da acciaio laminato a caldo secondo UNI EN 10025-2/4. In alternativa essi possono essere in accordo a UNI EN ISO 898-1. Per l'impiego in strutture con duttilità media o alta (DC"B" o DC"A") questa seconda possibilità non è raccomandata.

Se richiesto, possono essere impiegati tirafondi ricavati da barre di armature per cemento armato non precompresso, con caratteristiche conformi a quanto indicato nella normativa NTC2018.

Ove sia previsto l'utilizzo di ancoranti chimici ("resine") per l'ancoraggio di ferri di armatura o di elementi di fissaggio ("tasselli") si dovranno utilizzare sistemi omologati a norma CE con resina epossidacrilica. Nella posa di tali elementi andranno rispettate le prescrizioni esecutive del produttore (esecuzione dei fori, distanza dai bordi, temperature e tempi di presa, ecc.). Le schede tecniche dei materiali impiegati andranno sottoposte alla D.L. per l'approvazione prima dell'impiego. Analoga procedura per la scelta degli ancoranti meccanici strutturali.

Art. 16 **Lamiere grecate**

Le lamiere grecate devono conformarsi alla norma di prodotto UNI EN 14782: 2006 "Lastre metalliche autoportanti 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 $T_{u,Rd}$ 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. 17 **Connettori per taglio**

I connettori per il taglio da impiegare nelle strutture composte acciaio-calcestruzzo devono essere conformi ai requisiti della norma UNI EN ISO 13918.

È possibile l'impiego di connettori collegati a freddo a mezzo di chiodi speciali, infissi mediante una chiodatrice a sparo o pneumatica. La capacità portante di questi connettori e l'efficacia del collegamento

chiodato alla trave in acciaio devono essere indagate sperimentalmente seguendo le procedure delle normative di progetto per strutture miste acciaio-calcestruzzo: le CNR 10016/98 e/o l'Eurocodice 4 UNI - EN 1994-1- 1"Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo" Annex B.

Art. 18 **Lavorazioni d'officina**

18.1 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.

18.2 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.

18.3 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.

18.4 Taglio

Il taglio e la preparazione dei lembi dell'acciaio possono essere ottenuti mediante utilizzo di sega a disco, traciatura, taglio automatico, pialatura, 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.

18.5 Formatura

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

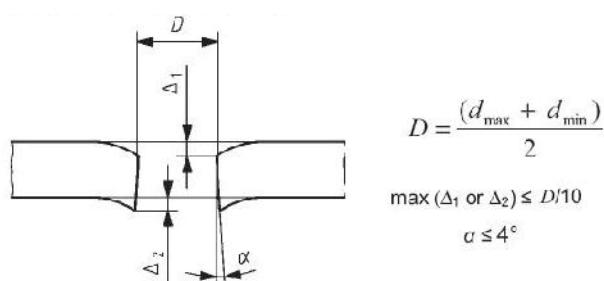
- Meccanicamente, avendo cura di ridurre al minimo le intaccature o le variazioni della sezione trasversale;

- 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.

18.6 Forature

È permessa la foratura con trapano attraverso più elementi qualora le differenti parti siano strettamente serrate fra di loro. Le parti devono essere separate dopo la foratura e ogni sbavatura deve essere rimossa. 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 18.1.

Tabella 18.1 – Giochi foro-bullone secondo EN 1090-2 – Valori in [mm]

Diametro nominale del bullone d [mm]	12	14	16	18	20	22	24	27 e oltre
Fori normali	1			2				3
Fori maggiorati	3			4		6		8
Asole corte	4			6		8		10
Asole lunghe					1,5 d			

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 agli articoli successivi.

Se l'Appaltatore approvvigiona componenti prelavorati (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.

18.7 Assemblaggio e pre - montaggi

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. 19 Saldatura

19.1 Generalità

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 19.1. Tali prescrizioni non devono comunque risultare meno cautelative di quelle della tabella 11.3.XI delle NTC.

Tabella 19.1 – Requisiti di qualità applicabili

Classe di esecuzione	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Requisiti di qualità del Costruttore secondo UNI EN ISO 3834	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 19.2.

Tabella 19.2 – Livello di conoscenza tecnica di Coordinatori di Saldatura secondo UNI EN ISO 14731

Classe	Acciaio	Spessori [mm]		
		$t \leq 25$ (1)	$25 < t \leq 50$ (2)	$t > 50$
EXC2	S235-S355	B	S	C (3)
	S420-S700	S	C (4)	C
EXC3	S235-S355	S	C	C
	S420-S700	S	C	C
EXC4	Tutti	C	C	C

NOTE:
 B = di base; S = specifico; C = completo
 (1) Piastre di base delle colonne ≤ 50 mm
 (2) Piastre di base delle colonne ≤ 75 mm
 (3) Per acciai S235-S275 è sufficiente il grado S
 (4) 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.

19.2 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 19.2.

19.3 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 accettare 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 accettare la corretta geometria ed il rispetto delle tolleranze dimensionali.

Per i cianfrini di lamiere 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).

19.4 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 fornelli portatili a non meno di 100 °C.

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

19.5 Controlli non distruttivi

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 10.5.1a oppure 10.5.1b. 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 19.5.1a, 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 19.5.1b, o anche di entità maggiore, se ritenuto opportuno in base alle caratteristiche dell'opera.

Tabella 19.5.1a – Estensione minima dei controlli non distruttivi per saldature

Tipologia di saldatura	Controllo					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2	EXC3	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 scorrimento di carroponti	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%	-	-	-

Tabella 19.5.1b – Estensione dei controlli non distruttivi per saldature di strutture di particolare impegno

Tipologia di saldatura	Controllo					
	MT / LT			UT / RT(***)		
	EXC2	EXC3	EXC4	EXC2	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 scorrimento di carroponti	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.

19.6 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 addizionali 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. 20 Bullonatura

20.1 Generalità

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.

20.2 Serraggio dei bulloni precaricati

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

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

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:

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

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 κ (deve essere: $0,10 \leq k_m \leq 0,23$; $\kappa \leq 0,10$).

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 20.2.1 e 20.2.2 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.

Tabella 20.2.1 – Copie di serraggio per bulloni 8.8 UNI EN 14399 [Nm]

Bulloni 8.8	<i>k</i>					
	Diam.	A_s [mm ²]	$F_{p,C}$ [kN]	0,10	0,12	0,14
12	84,3	47,2	56,6	68,0	79,3	90,6
14	115	64,4	90,2	108,2	126,2	144,3
16	157	87,9	140,7	168,8	196,9	225,1
18	192	107,5	193,5	232,2	271,0	309,7
20	245	137,2	274,4	329,3	384,2	439,0
22	303	169,7	373,3	448,0	522,6	597,3
24	353	197,7	474,4	569,3	664,2	759,1
27	459	257,0	694,0	832,8	971,6	1110,4
30	561	314,2	942,5	1131,0	1319,5	1508,0
36	817	457,5	1647,1	1976,5	2305,9	2635,3

Tabella 20.2.2 – Copie di serraggio per bulloni 10.9 UNI EN 14399 [Nm]

Bulloni 10.9		<i>k</i>				
Diam.	$A_s[\text{mm}^2]$	$F_{p,c}[\text{kN}]$	0,10	0,12	0,14	0,16
12	84,3	59,0	70,8	85,0	99,1	113,3
14	115	80,5	112,7	135,2	157,8	180,3
16	157	109,9	175,8	211,0	246,2	281,3
18	192	134,4	241,9	290,3	338,7	387,1
20	245	171,5	343,0	411,6	480,2	548,8
22	303	212,1	466,6	559,9	653,3	746,6
24	353	247,1	593,0	711,6	830,3	948,9
27	459	321,3	867,5	1041,0	1214,5	1388,0
30	561	392,7	1178,1	1413,7	1649,3	1885,0
36	817	571,9	2058,8	2470,6	2882,4	3294,1

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 valor 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:

$$\begin{aligned} & 60^\circ \text{ per } t < 2d \\ & 90^\circ \text{ per } 2d \leq t \leq 6d \\ & 120^\circ \text{ per } 6d \leq t \leq 10d \end{aligned}$$

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 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.

Tabella 20.2.3– Coefficienti d’attrito μ in funzione del trattamento superficiale

Trattamento superficiale	μ
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 μ da assumere sarà conforme ai valori riportati in tabella 20.2.3. 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.

20.3 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 20.3.1, mentre quelli soggetti solo a taglio possono essere serrati applicando le coppie di cui alla tabella 20.3.2.

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

Diametro [mm]	A_s [mm ²]	Classe bullone					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
12	84.3	39	45	48	57	68	91
14	115	62	72	77	90	108	144
16	157	96	113	121	141	169	225
18	192	133	155	166	194	232	310
20	245	188	220	235	274	329	439
22	303	256	299	320	373	448	597
24	353	325	380	407	474	569	759
27	459	476	555	595	694	833	1110
30	561	646	754	808	943	1131	1508
36	817	1130	1318	1412	1647	1976	2635

Tabella 20.3.2— Copie di serraggio per bulloni non precaricati soggetti solo a taglio [Nm]

Diametro [mm]	A_s [mm ²]	Classe bullone					
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
12	84.3	31	36	39	45	54	73
14	115	50	58	62	72	86	115
16	157	77	90	97	113	135	180
18	192	106	124	133	155	186	248
20	245	150	176	188	220	263	351
22	303	205	239	256	298	358	478
24	353	260	304	325	379	455	607
27	459	381	444	476	555	666	888
30	561	517	603	646	754	905	1206
36	817	904	1054	1130	1318	1581	2108

20.4 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 20.4.1.

Tabella 20.4.1 – Prescrizioni per il controllo del serraggio dei bulloni precaricati

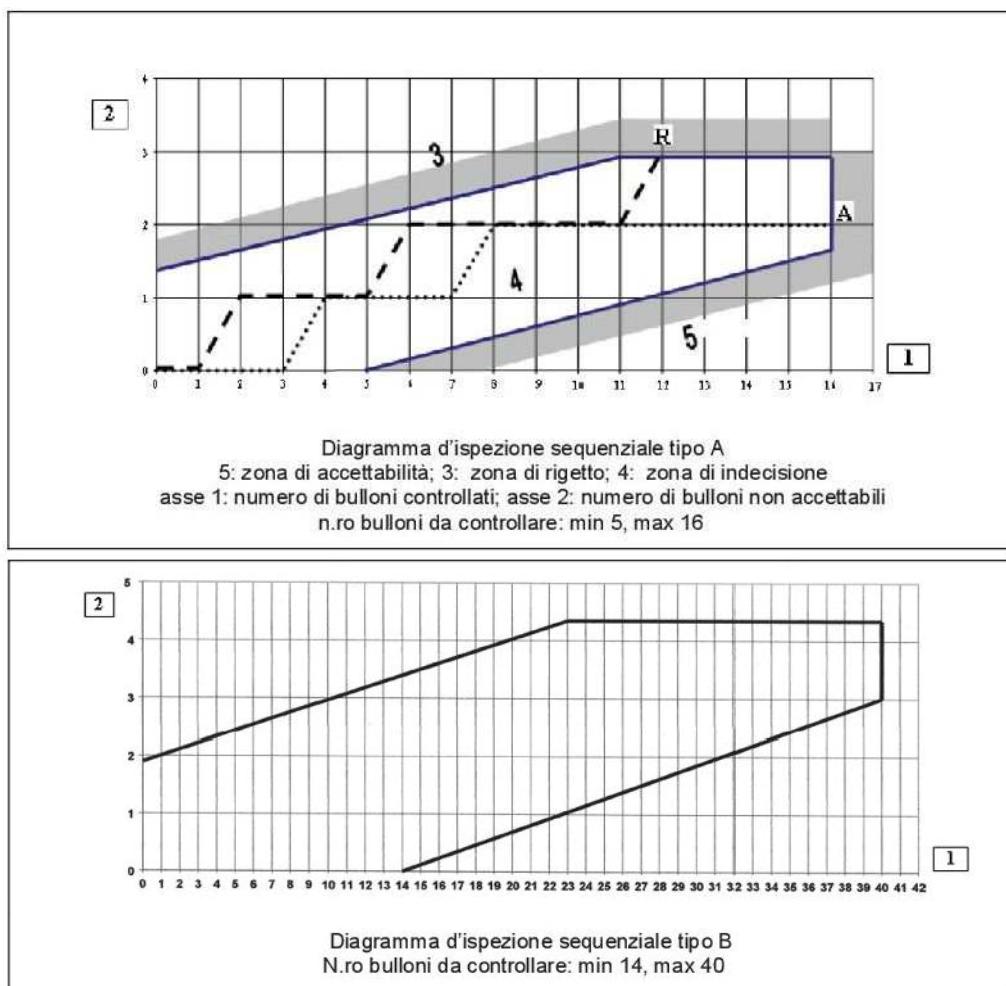
FASE	ESTENSIONE	AZIONE
Ispezione delle superfici di contatto	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo
Connessioni prima del serraggio	100% per tutte le classi EXC	Controllo visivo – Eventuali aggiustaggi mediante spessoramento
	EXC2, EXC3 ed EXC4	Controllo dei certificati di taratura delle chiavi dinamometriche
Metodo della coppia – 2. fase	EXC2 : 5% EXC3, EXC4: 10%	Applicazione con chiave dinamometrica di 1,05 M_r 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 M_r 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 20.4.1, vanno eseguiti secondo il metodo sequenziale illustrato in tabella 11.4.2, 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 11.4.2– Diagrammi d'ispezione sequenziale per il controllo del serraggio dei bulloni pretesi



Art. 21 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 interfacce con altri elementi strutturali o non strutturali. La scelta del livello di tolleranze adottato va indicata al punto 2 – Oggetto.

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

Tabella 21.1 - Profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1		$\Delta = -\frac{h}{50}$ nessun valore positivo
2		$\Delta = -\frac{b}{100}$ nessun valore positivo
3		$\Delta = \pm \frac{h}{200}$ $ \Delta = t_w \text{ (*)}$ (t_w = spessore anima)
4		$\Delta = \pm \frac{b}{200} \text{ se } b/t_w \leq 80$ $\Delta = \pm \frac{b^2}{16000t_w} \text{ se } 80 \leq b/t_w \leq 200$ $\Delta = \pm b/80 \text{ se } b/t_w > 200$ $ \Delta = t_w$
5		$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \Delta = t_w$
6		$\Delta = \pm \frac{b}{100}$ $ \Delta = t_w$

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

Tabella 21.2 – Flange di profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali

N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1		$\Delta = \pm \frac{b}{150} \text{ se } b/t \leq 20$ $\Delta = \pm \frac{b^2}{3000t} \text{ se } b/t > 20$ $t = \text{spessore flangia}$
2		$\Delta = \pm \frac{b}{150} \text{ se } b/t \leq 20$ $\Delta = \pm \frac{b^2}{3000t} \text{ se } b/t > 20$ $t = \text{spessore flangia}$
3		$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 21.3 – Flange di profili scatolati saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali

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

Tabella 21.4 – Irrigidimenti d'anima di profili composti o scatolati saldati – tolleranze di fabbricazione essenziali

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

Tabella 21.5 – Piastre nervate – tolleranze di fabbricazione essenziali

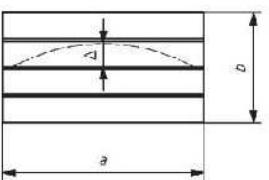
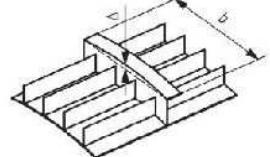
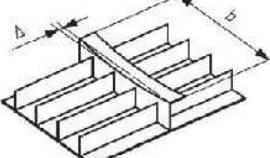
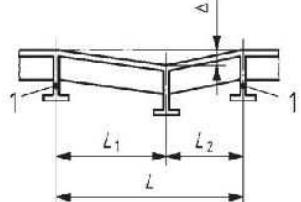
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	Rettilineità degli irrigidimenti: irrigid. long. in piastre irrigidite longitudinalmente	 Deviazione Δ perpendicolare alla piastra: $\Delta = \pm a/400$
2		 Deviazione Δ parallela alla piastra, su una lunghezza di misura uguale alla larghezza b : $\Delta = \pm b/400$
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 irrigidenti trasversali adiacenti	$\Delta = \pm L/400$

Tabella 21.6 - Profili piegati a freddo – tolleranze di fabbricazione essenziali

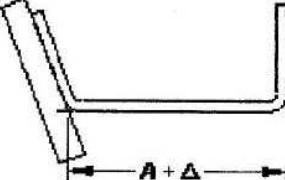
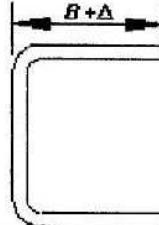
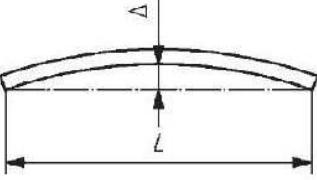
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 Larghezza A tra due piegature	$\Delta = -\frac{A}{50}$ nessun valore positivo
2	 Larghezza B tra una piegatura ed un bordo libero	$\Delta = -\frac{B}{80}$ nessun valore positivo
3	 Deviazione Δ dalla rettilineità	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$

Tabella 21.7 – Lamiere piegate a freddo – tolleranze di fabbricazione essenziali

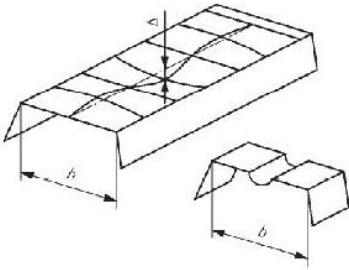
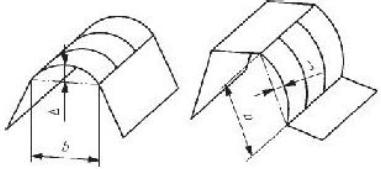
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Planarità di flange o anime irrigidite o non irrigidite: Deviazione Δ dalla planarità</p>	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$
2	 <p>Curvatura di flange o anime: Deviazione Δ dalla superficie teorica</p>	$\Delta = \pm \frac{b}{50}$

Tabella 21.8 – Strutture tralicciate – tolleranze di fabbricazione essenziali

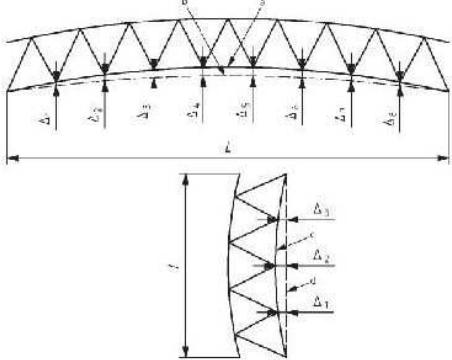
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Scostamento Δ_i di ciascun nodo dalla posizione teorica lungo una linea retta o lungo il profilo di premonta, se previsto, misurato con struttura adagiata in piano</p>	$\Delta_i = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta = 12 \text{ mm}$ il valore maggiore dei due

Tabella 21.9 - Forature – tolleranze di fabbricazione essenziali

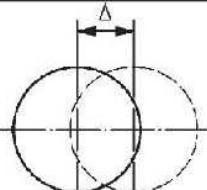
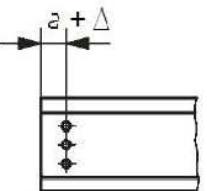
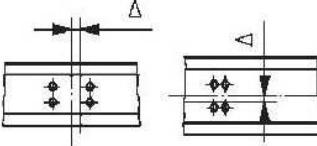
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Deviazione Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori</p>	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	 <p>Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero</p>	$\Delta = -0 \text{ mm}$ (Nessun valore positivo prescritto)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

Tabella 21.10 - Profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione funzionali

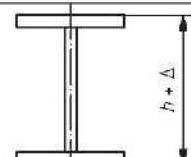
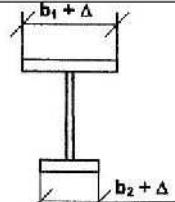
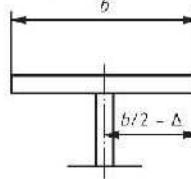
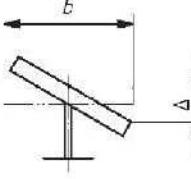
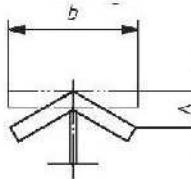
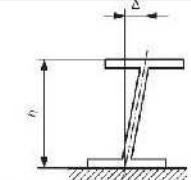
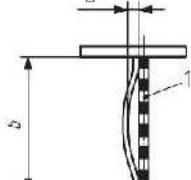
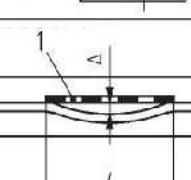
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		Altezza globale h : $h \leq 900 \text{ mm}$: $900 < h \leq 1800 \text{ mm}$: $h > 1800 \text{ mm}$:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h / 450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2		Larghezza delle flange ($b = b_1 \text{ o } b_2$)	$\Delta = + b / 100$ $ \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 = 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 = 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 150$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$

Tabella 21.11 – Flange di profili composti saldati – tolleranze di fabbricazione funzionali

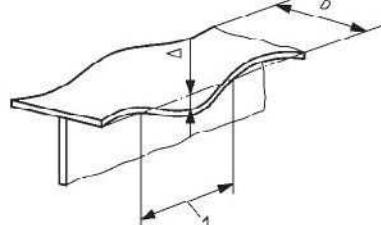
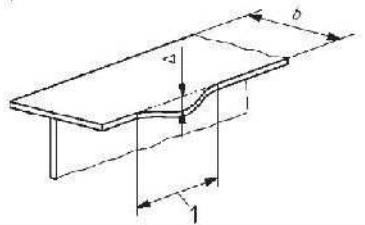
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa		
		Classe 1	Classe 2	
1		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia b (ondulazione della flangia)	$\Delta = \pm \frac{b}{100}$	$\Delta = \pm \frac{b}{150}$
2		Deviazione Δ sulla lunghezza di misura 1 uguale alla larghezza della flangia 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 21.12 - Profili scatolati saldati – tolleranze di fabbricazione funzionali

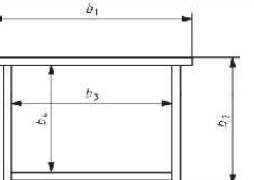
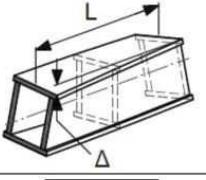
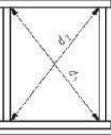
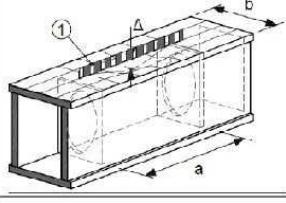
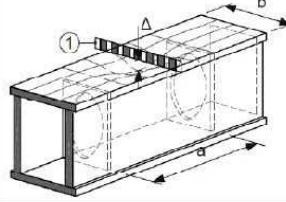
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa		
		Classe 1	Classe 2	
1		Dimensioni interne od esterne: $b_i \leq 900 \text{ mm}$: $900 < b_i \leq 1800 \text{ mm}$: $b_i > 1800 \text{ mm}$:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b_i / 300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b_i / 450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2		Torsione: Deviazione globale Δ sulla lunghezza L	$\Delta = \pm \frac{L}{700}$ $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$ $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ $ \Delta \leq 8 \text{ mm}$
3		Differenza Δ tra le dimensioni delle diagonali nelle sezioni diaframmate: $\Delta = d_1 - d_2 $	$\Delta = \frac{ d_1 + d_2 }{400}$ $\Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = \frac{ d_1 + d_2 }{600}$ $\Delta \geq 4 \text{ mm}$
4		Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidenti, caso generale: Distorsione Δ perpendicolare al piano del piatto	$a \leq 2b$: $\Delta = \pm a / 250$ $a > 2b$: $\Delta = \pm b / 125$	$a \leq 2b$: $\Delta = \pm a / 250$ $a > 2b$: $\Delta = \pm b / 125$
5		Imperfezioni fuori dal piano dei piatti, tra anime o irrigidenti, 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 21.13 – Irroridimenti d'anima di profili composti o scatolari saldati – tolleranze di fabbricazione funzionali

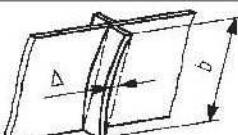
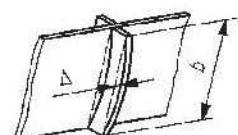
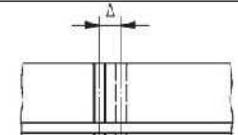
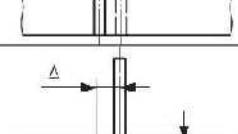
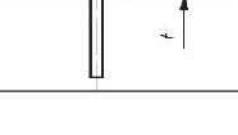
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		Deviazione Δ sulla rettilineità nel piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{250}$ $ \Delta =4 \text{ mm}$
2		Deviazione Δ dalla rettilineità in direzione ortogonale al piano dell'anima	$\Delta = \pm \frac{b}{500}$ ma $ \Delta =2 \text{ mm}$
3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

Tabella 21.14 - Profili piegati a freddo – tolleranze di fabbricazione funzionali

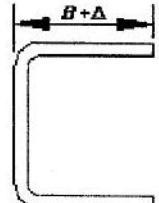
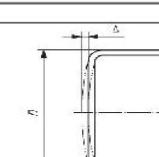
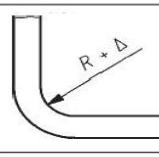
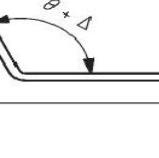
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		Larghezza A tra due piegature: $t < 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}: \Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $t < 3 \text{ mm}; L \geq 7 \text{ m}: \Delta = -3/+5 \text{ mm}$ $t \geq 3 \text{ mm}; L < 7 \text{ m}: \Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $t \geq 3 \text{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

Tabella 21.15 – Componenti lavorati – tolleranze di fabbricazione funzionali

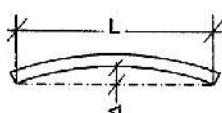
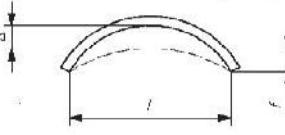
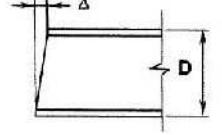
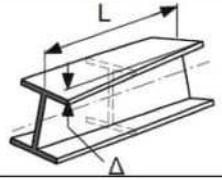
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	Lunghezza dei profilati L caso generale	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{5000} + 2 \right) \text{ mm}$	$\Delta = \pm \left(\frac{L}{10000} + 2 \right) \text{ mm}$
2	Lunghezza dei profilati L superfici spianate a contatto	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta \pm 1 \text{ mm}$
3		(Deviazione dalla rettilineità di un profilato, laminato o saldato, entrambi gli assi) $\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $ \Delta = 3 \text{ mm}$
4		Elementi curvi o calandrati $\Delta = \pm \frac{L}{500}$ $ \Delta = 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $ \Delta = 4 \text{ mm}$
5	Superficie finita per appoggio a contatto. Scostamento Δ max dalla sup. piana	$\Delta \pm 0,5 \text{ mm}$	$\Delta \pm 0,25 \text{ mm}$
6		Ortogonalità sup. di estremità 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		Torsione. Deviazione globale Δ sulla lunghezza L $\Delta = \pm \frac{L}{700}$ $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 20 \text{ mm}$	$\Delta = \pm \frac{L}{1000}$ $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 15 \text{ mm}$

Tabella 21.16 – Forature, spallature, tagli – tolleranze di fabbricazione funzionali

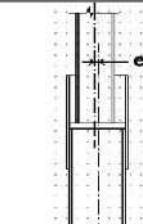
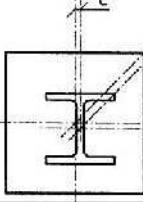
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		Scostamento Δ dell'asse di un singolo foro dalla posizione teorica all'interno di un gruppo di fori	$\Delta \pm 2 \text{ mm} (*)$ $\Delta \pm 1 \text{ mm}$
2		Variazione Δ della distanza a di un foro da un bordo libero	$\Delta = -0 \text{ mm}$ $\Delta = +3 \text{ mm} (*)$ $\Delta = -0 \text{ mm}$ $\Delta = +2 \text{ mm} (*)$
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 fori $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ 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	$\Delta = \pm 0,1t$ $\Delta = \pm 0,05t$

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: $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$.

Tabella 21.17 – 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. 22 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'inghissaggio 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 casserature, 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 provvisionali 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 riportata negli articoli precedenti, 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 sfoglio 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. Ogni parte della struttura deve essere allineata appena possibile, dopo che è stata messa in opera. Non devono essere realizzate connessioni permanenti fra i diversi componenti finché sufficienti parti della struttura non siano state allineate, messe a livello, a piombo e connesse temporaneamente per garantire che questi componenti non subiscano spostamenti durante le successive fasi di montaggio o allineamento del resto della struttura.

Art. 23 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 esaminare 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. carroponti) 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 va indicata al punto 2 – Oggetto.

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

Tabella 23.1 – Colonne di edifici monopiano– tolleranze di montaggio essenziali

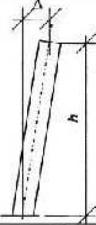
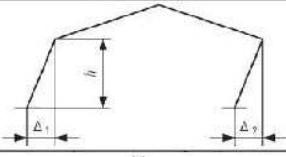
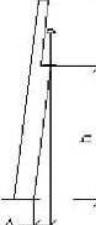
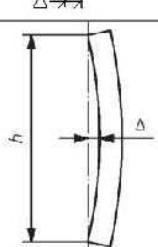
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
1		Inclinazione globale sull'altezza h $\Delta = \pm \frac{h}{300}$	
2		Inclinazione media delle colonne dello stesso portale Per due colonne: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$	$\Delta = \pm \frac{h}{500}$
3		Inclinazione dalla quota d'imposta al piano di appoggio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

Tabella 23.2 – Colonne di edifici multipiano– tolleranze di montaggio essenziali

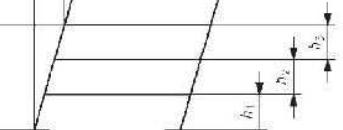
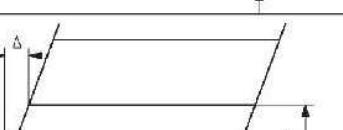
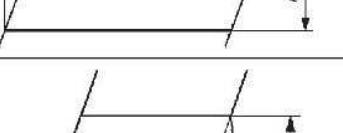
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1		Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla quota d'imposta $\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{300 \cdot \sqrt{n}}$ $(n=\text{numero piani})$
2		Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi 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 $\Delta = \pm \frac{h}{750}$ $s \leq h/2$

Tabella 23.3 — Colonne di edifici monopiano - tolleranze di montaggio funzionali

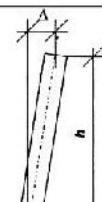
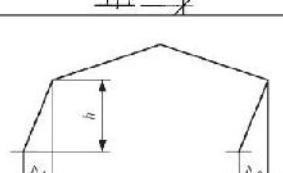
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Inclinazione glo- bale sull'altezza h</p>	$\Delta = \pm h / 600$ <p>o 5 mm il maggiore dei 2, ma non più di 25 mm</p>	$\Delta = \pm h / 1000$ <p>o 5 mm il maggiore dei 2, ma non più di 25 mm</p>
2	 <p>Inclinazione me- dia delle colonne dello stesso por- tale Per due colonne: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) / 2$</p>	$\Delta = \pm \frac{h}{600}$	$\Delta = \pm \frac{h}{1000}$

Tabella 23.4 — Colonne di edifici multipiano - tolleranze di montaggio funzionali

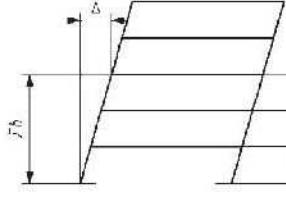
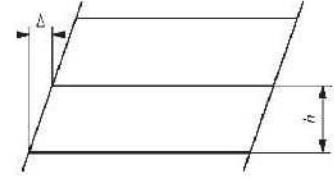
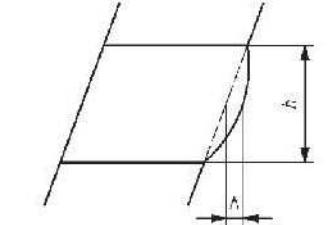
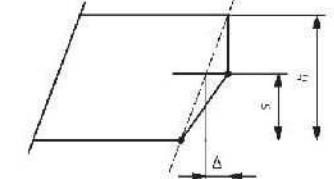
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Scostamento dalla verticale della posizione di una colonna di qualsiasi livello rispetto alla quota d'imposta</p>	$\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{300 \cdot \sqrt{n}}$ <p>(n=numero piani)</p>	$\Delta = \pm \frac{\sum_i h_i}{500 \cdot \sqrt{n}}$ <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>	$\Delta = \pm h/750$ <p>$s \leq h/2$</p>	$\Delta = \pm h/1000$ <p>$s \leq h/2$</p>

Tabella 23.5 - Posizione dei tirafondi ed inserti - tolleranze di montaggio funzionali

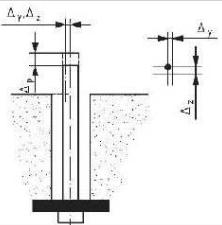
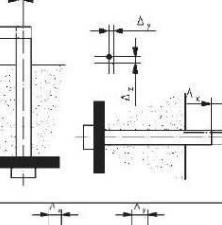
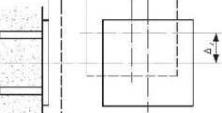
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa
1	 <p>Tirafondi con possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 25 \text{ mm}$
2	 <p>Tirafondi senza possibilità di aggiustaggio</p>	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq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

Tabella 23.6 — Posizione colonne - tolleranze di montaggio funzionali

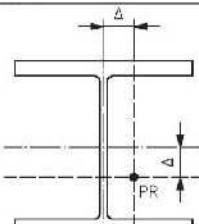
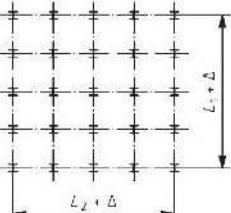
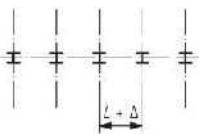
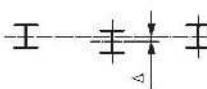
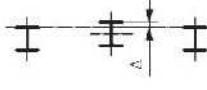
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Posizionamento dell'asse delle colonne rispetto al teorico</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	 <p>Dimensione globale in pianta di un edificio: $L_i \leq 30 \text{ m}$ $30 \text{ m} < L_i < 250 \text{ m}$ $L_i \geq 250 \text{ m}$</p>	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(L_i+50) \text{ mm}$ $\Delta = 0,1(L_i+500) \text{ mm}$ $(L_i \text{ in metri})$	$\Delta = \pm 16 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L_i+50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L_i+350) \text{ mm}$ $(L_i \text{ in metri})$
3	 <p>Distanza tra gli assi di colonne adiacenti: $L \leq 5 \text{ m}$ $L > 5 \text{ m}$</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L+45) \text{ mm}$ $(L \text{ in metri})$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L+30) \text{ mm}$ $(L \text{ in metri})$
4	 <p>Posizione dell'asse delle colonne rispetto all'allineamento</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
5	 <p>Posizione del filo del muro perimetrale rispetto alla linea che congiunge gli estradossi delle colonne</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$

Tabella 23.7 — Edifici - tolleranze di montaggio funzionali

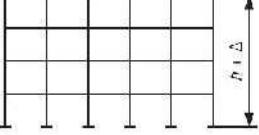
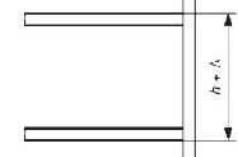
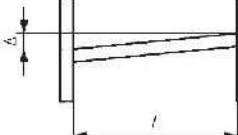
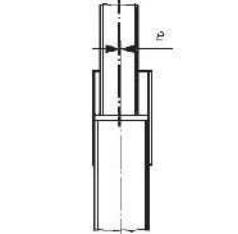
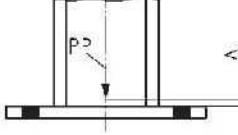
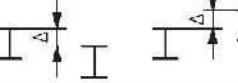
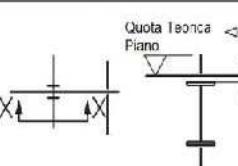
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1	 <p>Altezza globale rispetto q. d'imposta: $h \leq 20 \text{ m}$ $20 < h < 100 \text{ m}$ $h \geq 100 \text{ m}$</p>	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5(h+20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(h+200) \text{ mm}$ $(h \text{ in metri})$	$\Delta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

Tabella 23.8 — Travi di edifici - tolleranze di montaggio funzionali

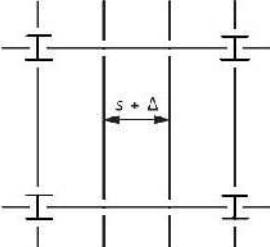
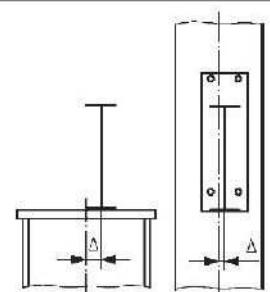
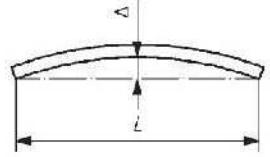
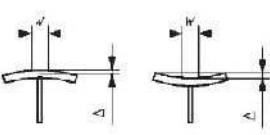
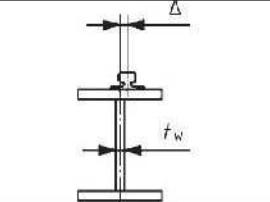
N.	Descrizione	Tolleranza ammessa	
		Classe 1	Classe 2
1		Scostamento Δ dalla distanza teorica s tra travi adiacenti	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2		Scostamento Δ dall'asse teorico di una connessione tra trave-colonna, misurata relativamente alla colonna	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
3		Scostamento Δ dalla rettilineità di una trave o mensola di lunghezza L , in opera	$\Delta = \pm L / 500$ $\Delta = \pm L / 1000$

Tabella 23.9 — Vie di corsa dei carroponti - 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: $t_w \leq 10 \text{ mm}:$ $t_w > 10 \text{ mm}:$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 t_w$

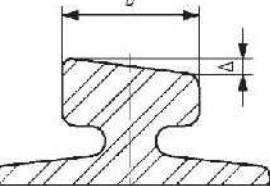
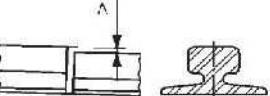
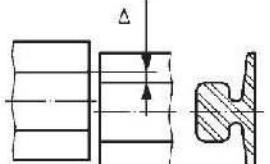
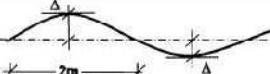
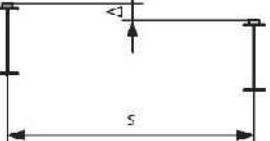
3		Inclinazione della rotaia rispetto al piano orizzontale	$\Delta \leq \pm b / 333$	$\Delta \leq \pm b / 333$
4		Disallineamento verticale tra rotaie in prossimità del giunto	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5		Disallineamento orizzontale tra rotaie in prossimità del giunto	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

Tabella 23.10 — Vie di corsa dei carroponti - 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	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
3	Quota della rotaia	Rispetto al livello teorico	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
4		Sulla luce L di una via di corsa	$\Delta = \pm L / 1000$
5		Quota della rotaia su 2 m	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6		Differenza di livello tra le 2 rotaie con scartamento s	$\Delta = \pm s / 2000$ ma $\Delta \leq 10 \text{ mm}$
7		Variazione dello scartamento: $s \leq 15 \text{ m}:$ $s > 15 \text{ m}:$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = 3 + 0,25 \times (s-15) \text{ mm}$ (s in metri)

Art. 24 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. 25 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. 26 Trattamenti protettivi

26.1 Generalità

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 26.1.1 (verniciatura), e in conformità alla UNI EN ISO 14713-1, con i criteri di tabella 26.1.2 (zincatura).

Tabella 26.1.1 – Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 12944-2 (verniciatura)

Classi di corrosività	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			
	Perdita di massa [g/m ²]	Perdita di spessore [µm]	Perdita di massa [g/m ²]	Perdita di spessore [µm]	All'esterno	All'interno
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita (negozi, uffici, scuole, alberghi)
C2 bassa	da 10 a 200	da 1,3 a 25	da 0,7 a 5	da 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello d'inquinamento. Soprattutto aree naturali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa (depositi, locali sportivi)
C3 media	da 200 a 400	da 25 a 50	da 5 a 15	da 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità ed un certo inquinamento atmosferico (industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici)
C4 alta	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.
C5-I molto alta (industriale)	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.
C5-M molto alta (marina)	da 650 a 1500	da 80 a 200	da 30 a 60	da 4,2 a 8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.

Tabella 26.1.2 – Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 14713-1 (zincatura)

Classi di corrosività (*)	Esempi di ambiente tipico	
	All'interno	All'esterno
C1 (molto bassa) $r \leq 0,1 \mu\text{m}$	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)
C2 (bassa) $0,1 < r \leq 0,7 \mu\text{m}$	Ambienti non riscaldati con temperatura e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condensa e basso inquinamento (capannoni di stocaggio, impianti sportivi)	Zone temperate con bassi valori d'inquinamento ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (zone rurali, paesi o piccole città dell'entroterra)
C3 (media) $0,7 < r \leq 2 \mu\text{m}$	Ambienti con moderata presenza di condensa 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, oppure media presenza di cloruri) (aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri)
C4 (alta) $2 < r \leq 4 \mu\text{m}$	Ambienti con condensa 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alto livello di cloruri) (aree urbane molto inquinate, aree industriali, aree limitrofe alla costa con significativa deposizione di cloruri)
C5 (molto alta) $4 < r \leq 8 \mu\text{m}$	Ambienti con condensa frequentissime e/o alto livello d'inquinamento da processi industriali (miniere, caverne per scopi industriali, capannoni non ventilati in zone subtropicali e tropicali)	Zone temperate e subtropicali con valori d'inquinamento molto alti (SO_2 tra 90 e 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa)
CX (estrema) $8 < r \leq 25 \mu\text{m}$	Ambienti con condensa 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 ($\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa e costruzioni offshore)

(*)Perdita di spessore di zinco r dopo il primo anno di esposizione.

26.2 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, scolti 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 scolti 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 sfiato, 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 26.2.1.

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 26.2.1 – Dimensione orientativa fori di drenaggio per profili aperti

Dimensione caratteristica [mm]	Diametro minimo foro [mm]
< 25	10
25 – 50	12
50 – 100	16
100 – 150	20
> 150	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 possibile 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 diaframmatture 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 26.2.2.

Tabella 26.2.2 – Dimensione orientativa forature elementi scatolari

Base + altezza della sezione trasversale [mm]	Area del foro [% area trasversale]
< 200	100%
200 – 400	40%
400 – 600	30%
> 600	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. È 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 26.2.3. 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 26.2.4.

Tabella 26.2.3 – Spessori minimi di zinco

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

Tabella 26.2.4 – Durata indicativa sino alla prima manutenzione della zincatura in funzione delle classi di corrosività (da UNI EN ISO 14713-1)

Componente	Norma	spessore min. [µm]	Classe di corrosività e classe di durabilità (VL, L, M, H e VH) (*)							
			C3		C4		C5		CX	
Profilati e lamiere zincati a caldo	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 e lamiere di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo	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
Profili tubolari zincati a caldo	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 10cm². Le riparazioni devono essere effettuate impiegando zincanti inorganici o con matrici organiche a pennello 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 cataste con teli di materiale plastico che potrebbero causare condensa di vapore acqueo.

Se si impiegano profilati pre-zincati 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.

26.3 Verniciatura

26.3.1 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 pitturazione di cui al §17.3.3 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).

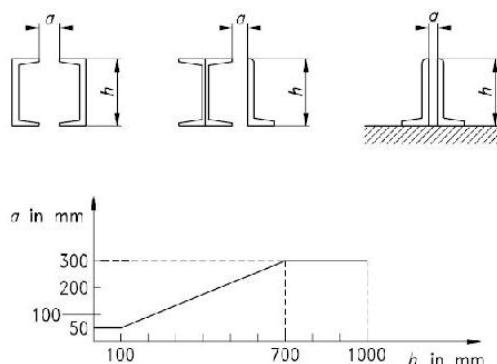
Le relative preparazioni delle superfici sono descritte al §26.3.3.

La scelta dei cicli di cui al §26.3.4 riveste un carattere generale. Eventuali condizioni particolari richiedono una più specifica valutazione al fine della individuazione del ciclo più adatto all'opera in oggetto.

26.3.2 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 26.3.2.1.

Figura 26.3.2.1 – Distanza minima fra le sezioni secondo UNI EN ISO 12944-3



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 26.3.2.2).

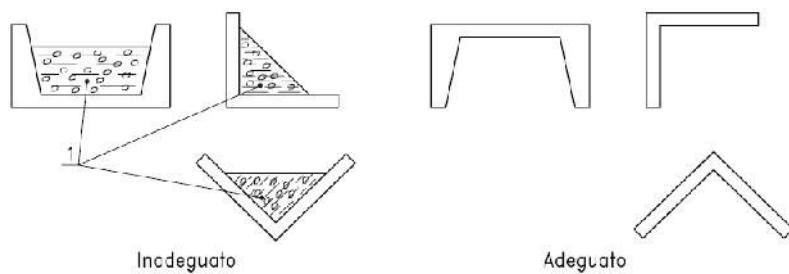
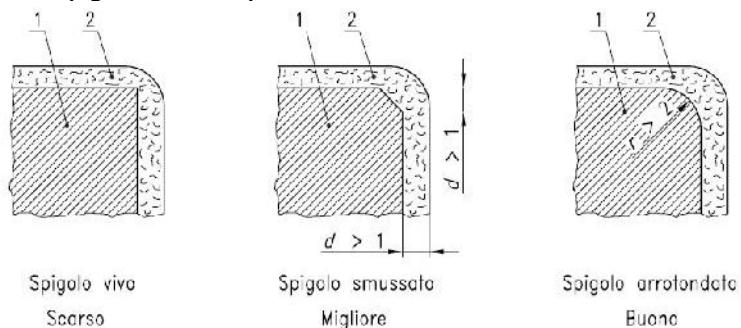


Figura 26.3.2.2 – Disposizioni per evitare il ristagno di polveri o acqua secondo UNI EN ISO 12944-3

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 26.3.2.3).



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

26.3.3 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 26.3.3.1.

Tabella 26.3.3.1 – Preparation grade (secondo UNI EN 1090-2)

Vita attesa per il ciclo di protezione	Categoria di corrosività	Preparation grade
> 15 anni	C1	P1
	da C2 a C3	P2
	superiore a C3	P2 (o P3 se richiesto)
da 5 a 15 anni	da C1 a C3	P1
	superiore a C3	P2
< 5 anni	da C1 a C4	P1
	C5 - lm	P2

26.3.4 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 μm , 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 Sa2 $\frac{1}{2}$ 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 μm , secondo ISO 8503.

Spazzolatura meccanica

Tale preparazione deve essere eseguita in opera su strutture già pitturate che presentino grado di arrugginimento Ri 1 $\frac{1}{4}$ 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 picchettatura, 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.

26.3.5 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:	Poliuretanico 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).
Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - <i>primer</i> :	Zincante epossidico organico, sp. 60 micron.
2a mano - intermedio (1):	Epossipoliammidica, sp. 50 micron.
3a mano - finitura (1):	Poliuretanica - alifatica, sp. 50 micron.

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

BASE	
Denominazione:	Poliuretanico 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).
Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - <i>primer</i> :	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano - intermedio (1):	Epossipoliammidica, sp. 120 micron.

3a mano - finitura (1):	Poliuretanica - alifatica, sp. 60 micron.
VARIANTE 1	
Denominazione:	Acrilico alifatico.
Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - <i>primer</i> :	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano - finitura:	Smalto acrilico alifatico a due componenti (idoneo per applicazioni su zincato a freddo), sp. 60 micron.
VARIANTE 2	
Denominazione:	Clorocaucciù alchidico.
Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - <i>primer</i> :	Zincante epossidico organico, sp. 75 micron.
2a mano - intermedio:	Clorocaucciù puro monocomponente, sp. 35 micron.
3a mano - finitura:	Smalto alchidico clorocaucciù, 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.
Preparaz. delle superfici:	Sgrassaggio con solventi non clorurati. In alternativa allo sgrassaggio effettuare una sabbiatura Sa1: utilizzare sabbia molto fine, normalmente quello di recupero. Non utilizzare graniglia metallica.
1a mano - <i>primer</i> :	Epossipoliammidico, sp. 50 micron.
2a mano - finitura:	Poliuretanica - alifatica, sp. 40 micron.

VARIANTE 1

Denominazione:	Acrilico alifatico modificato.
Preparaz. delle superfici:	Sgrassaggio con solventi non clorurati. In alternativa allo sgrassaggio effettuare una sabbiatura Sa1: utilizzare sabbia molto fine, normalmente 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 alluminio, rischiando uno sfogliamento della pellicola nel tempo.

Note:

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

Ciclo 4

Denominazione:	Ciclo resistente al fuoco con vernici intumescenti ed ignifughe.
Campo di applicazione:	Per la protezione dal fuoco di strutture metalliche.
Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura a metallo quasi bianco Sa2-1/2.
1a mano - <i>primer</i> :	Zincante inorganico a solvente, sp. 75 micron.
2a mano - <i>tie-coat</i> :	Epossidico, sp. 35 micron.
3a mano:	Vernice intumescente, sp. (vedi nota 2).
4a mano -	finitura: Usare vernici consigliate dal produttore della vernice intumescente.

VARIANTE 1

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

VARIANTE 2

Preparaz. delle superfici:	Sabbiatura grado Sa2.
1a mano - <i>primer</i> :	Primer epossidico a due componenti, tipo <i>Surface Tolerant</i> , sp. 75 micron.

2a mano: Non necessaria.
3a mano: Vernice intumescente, sp. (vedi nota 2).
4a mano - finitura: Smalto clorocaucciù puro monocomponente, sp. 40 micron.

Note:

- 1 - Gli spessori sopra indicati sono da intendersi come "spessori minimi a film secco".
- 2 - 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.
- 3 - 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 vernicate applicando la 2a, la 3a e la 4a mano del ciclo sopra indicato.

26.3.6 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. 27 Strutture in legno

27.1 Caratteristiche dei materiali

Gli elementi strutturali dovranno essere rispondenti alle N.T.C. - D.M. 17/01/2018. I pannelli Xlam per pareti e solai saranno in legno multistrato, con tavole incollate fra loro a 3 o 5 strati in base ai calcoli statici. Tutti i pannelli saranno provvisti da Marcature CE e omologazione tecnica Europea. Saranno obbligatoriamente prodotti in stabilimenti in possesso delle necessarie certificazioni per la sorveglianza continua del ciclo di produzione.

27.2 Adesivi

Gli strati costituenti i pannelli strutturali in legno saranno incollati fra loro con colla poliuretanica monocomponente, senza formaldeide. Tutti gli adesivi impiegati avranno caratteristiche rispondenti ai requisiti di norma. Gli adesivi impiegati dovranno garantire incollaggi con caratteristiche di resistenza e durabilità tali che il collegamento si mantenga per tutta la vita della struttura.

27.3 Elementi di collegamento

Per gli elementi di collegamento usati comunemente quali chiodi, bulloni, perni e viti, la capacità portante caratteristica e la deformazione caratteristica dei collegamenti devono essere determinate sulla base di prove condotte in conformità alla norma ISO 6891.

27.4 Legno lamellare

Il Direttore dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Le travature in legno lamellare dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- sarà utilizzato legname di abete rosso di prima scelta in base alle direttive delle norme DIN 4074;
- le lamelle saranno tagliate nel senso delle fibre e successivamente perfettamente piallate;
- le lamelle avranno un'umidità relativa del 9+-3% per ambienti chiusi e riscaldati, del 12+-3% per ambienti chiusi e non riscaldati e del 15+-3% per ambienti all'aperto, secondo le norme DIN 1052. Questo per permetterà una buona adesione della colla sulle superfici da incollare e per evitare tensioni interne che potrebbero dare luogo a deformazioni e fessurazioni;
- le lamelle saranno essiccate ad alta temperatura al fine di distruggere i parassiti animali e le loro uova contenute nel legno per far loro acquistare maggiore resistenza e durezza. Le lamelle saranno quindi incollate su una faccia con una quantità di colle pari a 0.6 kg/mq, mediante incollatrice a fili, in modo da formare una superficie omogenea di colla sulla lamella;
- le lamelle saranno incollate di testa con giunto a pettine secondo le norme DIN 68140;
- la pressione sarà omogenea e di almeno 8.5 kg/cm², secondo le norme DIN 1052;
- le colle impiegate saranno sintetiche con presa a freddo chimicamente neutre. Saranno resine ureiche per ambienti coperti, del Kaurit 234 o equivalente con indurente 70 della BASF o equivalente e resine alla resorcina formaldeide per strutture esposte agli agenti atmosferici, del Aerodux 185/P o equivalente con indurente HRP/155 della CIBA o equivalente. Le colle seguiranno le norme DIN 68141;

- la trave finita sarà protetta da vernice impregnante a protezione da insetti, funghi e muffe, del Xyladecor della Bayer o equivalente e secondo le norme DIN 68800;
- lo stabilimento di produzione dovrà essere in possesso della certificazione di tipo "A" attestante l'idoneità alla produzione del legno lamellare incollato per strutture di grande luce, rilasciato da ente idoneo a certificare tale proprietà;
- i chiodi, i bulloni e gli elementi zincati standard per la formazione dei giunti e dei collegamenti, seguiranno le norme EC5 e NTC;
- il calcolo delle strutture seguirà le norme italiane ed in mancanza di norme specifiche quelle europee (EC5);
- il legno lamellare da conifere europee incollato dovrà avere classe di resistenza come indicato negli elaborati progettuali.

Art. 28 Gestione della qualità

28.1 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.

28.2 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 al §27.1.

Art. 29 Norme di misurazione per lavori da contabilizzare a misura

29.1 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.

29.2 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.

29.3 Strutture in acciaio

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).

29.4 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.

29.5 Grigliati

Sono compresi i sotto riportati elementi complementari:

- le staffe di fissaggio;
- la bulloneria.

29.6 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 più 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 più 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.

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'interasse 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.

I prezzi d'elenco sono applicati alla superficie misurata in proiezione normale al piano di posa, moltiplicata per un coefficiente maggiorativo che tenga conto dell'effettivo sviluppo della lamiera. Per le lamiere grecate appoggiate su altre strutture da pitturare (solai) nessuna detrazione va eseguita per le parti a contatto sia della lamiera che della parte superiore delle travi.

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, 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.

Oneri particolari:

- i teli di protezione;
- l'esecuzione di profilatura in colori diversi;
- il completamento dei cicli in tempi successivi.