




**Impianto Agrivoltaico Avanzato 24.092,64 kWp  
Comune di Bondeno (FE)**


**DISCIPLINARE TECNICO DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE  
DEGLI ELEMENTI**

|   |           |                        |   |                                     |                                      |
|---|-----------|------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
|   |           |                        |   |                                     |                                      |
|   |           |                        |   |                                     |                                      |
| <b>28/02/2025</b>   | <b>00</b> | <b>Prima Emissione</b> | <b>SGS srl</b>  | <b>G. D'Amico /<br/>L. Marabeti</b> | <b>Federico Boni<br/>Castagnetti</b> |
| Data  | Rev.      | Descrizione Emissione  | Preparato   | Verificato                          | Approvato                            |
| Logo Committente e Denominazione Commerciale<br><br>Iren Green Generation<br>Tech s.r.l. |           |                        | ID Documento Committente<br><br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> |                                     |                                      |
| Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale<br>   |           |                        | ID Documento Appaltatore                                  |                                     |                                      |


|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>2 / 106   |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

## Sommario


|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | PREMESSA.....   | 5  |
| 2      | SPECIFICHE TECNICHE OPERE ELETTRICHE.....                   | 6  |
| 2.1    | REQUISITI GENERALI .....                                    | 6  |
| 2.1.1  | Classificazione dei carichi .....                           | 6  |
| 2.1.2  | Livelli di tensione e stato del neutro .....                | 6  |
| 2.1.3  | Cadute di tensione ammissibili .....                        | 6  |
| 2.1.4  | Sistema elettrico principale.....                           | 7  |
| 2.1.5  | Sistema elettrico di emergenza .....                        | 7  |
| 2.1.6  | Sistema elettrico di sicurezza.....                         | 8  |
| 2.1.7  | Studi di rete .....   | 8  |
| 2.1.8  | Fattore di potenza e curva di capability al PdC .....       | 8  |
| 2.1.9  | Dimensionamento dei conduttori.....                         | 9  |
| 2.1.10 | Posa e installazione dei cavi elettrici .....               | 9  |
| 2.1.11 | Sistema di protezioni.....                                  | 10 |
| 2.1.12 | Relè di protezione .....                                    | 11 |
| 2.1.13 | Controllo della rete elettrica e relativi parametri .....   | 12 |
| 2.1.14 | Segnali e misure locali .....                               | 13 |
| 2.2    | MODULI FOTOVOLTAICI .....                                   | 13 |
| 2.3    | INVERTER DI CAMPO .....                                     | 14 |
| 2.4    | INSEGUITORI SOLARI.....                                     | 16 |
| 2.5    | CONVERSION UNIT .....                                       | 17 |
| 2.5.1  | Quadro MT.....  | 18 |
| 2.5.2  | Trasformatori MT/BT .....                                   | 20 |
| 2.5.3  | Quadro BT.....  | 21 |
| 2.5.4  | Quadro BT servizi ausiliari Conversion Unit .....           | 22 |
| 2.5.5  | Automazione, telecomunicazione e sistemi di sicurezza ..... | 22 |
| 2.5.6  | HVAC .....  | 22 |
| 2.6    | CABINA DI RACCOLTA.....                                     | 23 |
| 2.6.1  | Quadro MT.....  | 25 |
| 2.6.2  | Trasformatore Aux MT/BT.....                                | 26 |
| 2.6.3  | Quadro BT servizi ausiliari cabina di raccolta.....         | 27 |
| 2.7    | CONTROL ROOM.....   | 28 |

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>3 / 106   |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.8    | SOTTOSTAZIONE D'UTENZA .....                                 | 29 |
| 2.8.1  | Trasformatore AT/MT .....                                    | 29 |
| 2.8.2  | Apparecchiature AT .....                                     | 32 |
| 2.8.3  | Cavi AT .....  | 34 |
| 2.8.4  | Gruppo elettrogeno .....                                     | 35 |
| 2.9    | OPERE DI CABLAGGIO .....                                     | 36 |
| 2.9.1  | Requisiti installativi dei cavi .....                        | 39 |
| 2.10   | UPS .....  | 40 |
| 2.11   | CONTATORI FISCALI .....                                      | 43 |
| 2.12   | RETE DI TERRA .....  | 44 |
| 2.12.1 | Installazione dei conduttori di messa a terra .....          | 45 |
| 2.12.2 | Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche ..... | 45 |
| 2.12.3 | Impianto di terra SSU .....                                  | 45 |
| 3      | STAZIONI METEO .....   | 47 |
| 3.1    | SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO .....                  | 47 |
| 3.2    | DESCRIZIONE GENERALE .....                                   | 47 |
| 3.3    | DESCRIZIONE DEL SISTEMA E DEI DISPOSITIVI RICHIESTI .....    | 48 |
| 3.3.1  | Sensori meteo di campo .....                                 | 48 |
| 3.3.2  | Stazione meteorologica centrale .....                        | 49 |
| 3.3.3  | Attrezzature speciali .....                                  | 49 |
| 3.3.4  | Requisiti minimi per impianti fotovoltaici .....             | 49 |
| 3.3.5  | Requisiti di protezione meccanica e tropicalizzazione .....  | 49 |
| 3.3.6  | Protocolli di comunicazione .....                            | 50 |
| 3.3.7  | Memorizzazione dei dati .....                                | 50 |
| 4      | SISTEMA DI MONITORAGGIO E SUPERVISIONE .....                 | 51 |
| 4.1    | GENERALE .....   | 51 |
| 4.2    | ARCHITETTURA SISTEMA SCADA .....                             | 51 |
| 4.3    | INTEGRAZIONE SISTEMA SCADA .....                             | 52 |
| 4.4    | FUNZIONI SISTEMA SCADA .....                                 | 52 |
| 4.5    | FUNZIONI DI MONITORAGGIO E SUPERVISIONE .....                | 53 |
| 4.6    | FUNZIONI DI CALCOLO .....                                    | 54 |
| 4.7    | PRINCIPALE INTERFACCIA DEL SISTEMA SCADA .....               | 54 |
| 4.8    | POWER PLANT CONTROLLER .....                                 | 55 |

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>4 / 106   |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |


|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5     | SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA ED ANTINTRUSIONE .....                                    | 56 |
| 5.1   | TVCC DI CAMPO.....   | 56 |
| 5.2   | TVCC DI SSU .....  | 56 |
| 6     | SICUREZZA.....   | 58 |
| 6.1   | ALLESTIMENTO DEL CANTIERE.....   | 58 |
| 6.2   | ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE.....   | 59 |
| 7     | SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI.....  | 60 |
| 7.1   | ATTIVITÀ DI PREPARAZIONE SITO E MOVIMENTI TERRA .....                                  | 60 |
| 7.2   | DEMOLIZIONI E RIMOZIONI .....  | 60 |
| 7.3   | ESECUZIONE DI RILIEVI ED INDAGINI IN SITO .....  | 61 |
| 7.4   | OPERE STRUTTURALI.....   | 61 |
| 7.5   | DEFINIZIONE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....   | 61 |
| 7.6   | DEFINIZIONE DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE .....  | 62 |
| 7.6.1 | Caratteristiche del calcestruzzo.....  | 63 |
| 7.7   | OPERE METALLICHE .....   | 67 |
| 7.7.1 | Caratteristiche dell'acciaio d'armatura per i calcestruzzi armati.....                 | 67 |
| 7.7.2 | Strutture metalliche .....   | 69 |
| 7.7.3 | Materiali .....  | 71 |
| 7.7.4 | Lavorazione d'officina.....  | 76 |
| 7.7.5 | Saldature.....   | 79 |
| 7.7.6 | Bullonatura.....   | 84 |
| 7.7.7 | Trattamenti protettivi .....   | 86 |
| 7.7.8 | Montaggio .....  | 92 |
| 7.8   | IMPERMEABILIZZAZIONI .....   | 93 |
| 7.9   | RECINZIONE PERIMETRALE .....   | 93 |
| 7.9.1 | Cancelli di accesso .....  | 93 |
| 7.10  | STRADE INTERNE, AREE PAVIMENTATE E AREE PER APPARECCHIATURE<br>ELETTROMECCANICHE ..... | 93 |
| 7.11  | POZZETTI.....  | 94 |
| 8     | RIFERIMENTI NORMATIVI .....  | 95 |
| 8.1   | LEGGI NAZIONALI.....   | 95 |
| 8.2   | NORME TECNICHE .....   | 95 |

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>5 / 106   |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive il disciplinare tecnico descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato di potenza complessiva pari a 24.092,64 kW<sub>p</sub> che verrà installato su trackers in un'area situata all'interno del Comune di Bondeno (FE) e che ha come obiettivo sia la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, sia la valorizzazione del paesaggio e l'inserimento al meglio del progetto all'interno del contesto paesaggistico in cui si trova.

Per maggiori dettagli relativi all'impianto, si rimanda all'elaborato ***H\_054\_FV\_00002\_BGR*** ***“Relazione Tecnica”***.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>6 / 106   |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

## 2 SPECIFICHE TECNICHE OPERE ELETTRICHE

### 2.1 REQUISITI GENERALI

#### 2.1.1 *Classificazione dei carichi*

I carichi presenti nell'impianto saranno classificati come segue:

- Normali: alimentati da FV o RTN. La mancata alimentazione non pregiudica la sicurezza delle persone né causa significativi disagi o problemi all'Impianto ed ai suoi QSA.
- Preferenziali: alimentati da FV o RTN. La mancata alimentazione non pregiudica la sicurezza delle persone ma dà luogo a disagi, disservizi o riduzioni di efficienza dell'Impianto. Possibile alimentazione con gruppo elettrogeno se ritenuto necessario in seguito a valutazione costi-benefici.
- Vitali o riserve: alimentati da FV o RTN. La mancata alimentazione pregiudica la salvaguardia e la sicurezza delle persone e/o dell'impianto. Necessitano di alimentazione con gruppo elettrogeno e/o UPS.

#### 2.1.2 *Livelli di tensione e stato del neutro*

I livelli di tensione presenti nell'impianto durante le normali condizioni operative saranno i seguenti:


- Distribuzione AT: 132 kV – 50Hz – trifase
- Distribuzione MT: 30kV – 50Hz – trifase
- Distribuzione BT inverter: 800Vca (sistema IT)
- Distribuzione BT: 400/230Vca (sistema TN-S)
- Circuiti luce e FM: 400/230Vca
- UPS: 230Vac (sistema IT)
- Massima tensione CC: 1500Vcc

In normali condizioni d'esercizio, le variazioni di tensione e frequenza del sistema non devono eccedere rispettivamente il  $\pm 5\%$  e il  $\pm 2\%$ . Tuttavia, tutte le apparecchiature elettriche devono essere dimensionate per resistere a una variazione della tensione del  $\pm 10\%$  e una variazione della frequenza del sistema del  $\pm 5\%$ .

#### 2.1.3 *Cadute di tensione ammissibili*

Le massime cadute di tensione ammissibili durante il normale esercizio dell'impianto non dovranno superare i valori riportati nella tabella seguente. Ai fini della progettazione definitiva occorre rispettare i valori massimi previsti nella tabella sottostante. In fase di EPC e progettazione esecutiva, la COMMITTENTE potrà rivedere tali valori definendo valori progetto-specifici che verranno inseriti all'interno delle Garanzie di Performance.

- Sezione in CC (dalla stringa all'inverter): 2%
- Sezione BT:
  - dall'inverter al quadro MT: 1%

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>7 / 106   |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- dal quadro generale BT ad altri sottoquadri: 2%
- circuiti luci e prese: 2%
- circuiti luce secondari: 3% in media con massimo del 5%
- Sezione MT:
  - Dal quadro MT (CU) al quadro MT della Cabina di Raccolta: 1%
  - Dalla Cabina di Raccolta alla cabina MT di SSU: 3,5%
- Generale: complessivo dalla stringa al quadro MT della SSU: 6%

### **2.1.4 Sistema elettrico principale**

Il sistema elettrico generale è costituito principalmente dal generatore fotovoltaico e da tutte le apparecchiature e gli elementi e i componenti necessari per l'immissione dell'energia prodotta in rete. Il generatore fotovoltaico sarà costituito dall'insieme dei raggruppamenti (stringa) di moduli fotovoltaici collegati in serie e in parallelo (sottocampi fotovoltaici). Più precisamente i moduli verranno collegati elettricamente in serie a gruppi formando così una stringa con tensioni massime compatibili con quelle degli inverter selezionati e con la tensione massima in CC del sistema specificata nei livelli di tensione e stato del neutro.

Le stringhe saranno direttamente collegate elettricamente all'inverter.

Alle Conversion Unit confluiranno i cavi provenienti da un determinato numero di cavi in AC nel caso di inverter di stringa.


Le Conversion Unit saranno collegate in entra-esce tra di loro o in antenna dirette su una cabina chiamata Cabina di raccolta MT.

Il sistema di generazione elettrica principale sarà progettato per produrre e immettere l'energia prodotta nella rete elettrica nazionale attraverso il punto di consegna (POD) previsto in SSU a 30/132 kV.

Il campo fotovoltaico dovrà essere capace di alimentare tutti i carichi presenti nell'Impianto, inclusi i carichi ausiliari, illuminazione, sistemi di ventilazione e/o condizionamento (HVAC), sistema SCADA e telecomunicazione, eventuali cabine elettriche ausiliarie, ecc..

### **2.1.5 Sistema elettrico di emergenza**

Il sistema elettrico d'emergenza sarà composto da tutte le apparecchiature atte a garantire l'alimentazione dei carichi classificati come preferenziali e vitali. Un sistema elettrico d'emergenza si compone di un EDG (Emergency Diesel generator) e di tutti i quadri che una volta in funzione saranno da esso alimentati. Se l'impianto si conetterà alla rete nazionale tramite un punto di connessione in Alta Tensione, dovrà essere previsto un EDG da installare in SSU opportunamente dimensionato.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>8 / 106   |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

### 2.1.6 Sistema elettrico di sicurezza

Il sistema elettrico di sicurezza sarà composto da gruppi di continuità statici e dai relativi banchi di batterie. Le caratteristiche tecniche dei componenti verranno specificati nei paragrafi successivi o nelle specifiche dei componenti dedicati. Tali sistemi dovranno essere in grado di alimentare i carichi classificati come vitali/riserva per un tempo minimo specificato dalla legge o dalla normativa vigente o dai requisiti minimi richiesti dalla Committente.

### 2.1.7 Studi di rete

Durante la fase di progettazione esecutiva dovrà essere sviluppato uno studio di rete che tenga conto delle caratteristiche dei componenti scelti per l'impianto fotovoltaico. Dovranno essere prodotti i calcoli di load flow, il calcolo delle correnti di cortocircuito, l'analisi della stabilità transitoria e delle armoniche.

Lo studio dovrà essere sviluppato tramite l'utilizzo del software DlgSILENT PowerFactory o ETAP (versione min. 2022). Qualsiasi altro software commerciale con il quale si intende sviluppare lo studio di rete deve essere preventivamente approvato dalla Committente.

Lo studio dovrà dimostrare inoltre la conformità dell'impianto ai requisiti riportati nell'ultima revisione attualmente in vigore del codice di rete TERNA e dei suoi allegati soprattutto in materia di criteri generali di connessione (par.6 dell'Allegato A68 del Codice di Rete) e sistemi di regolazione e servizi di rete (par.7 dell'Allegato A68 del Codice di Rete). Dovranno quindi essere inclusi gli studi sulla curva di capability dell'impianto sia in regime statico che dinamico.

Lo studio dovrà altresì dimostrare che l'impianto fotovoltaico non introdurrà disturbi nella rete e dovrà essere volto a identificare le eventuali azioni correttive. Particolare attenzione verrà data al contributo armonico introdotto dagli inverter.

Lo studio di cortocircuito verrà effettuato anche per il sistema CC, al fine di definire il corto circuito massimo e nel caso degli UPS, di definire il valore minimo di cortocircuito (valore minimo di tensione delle batterie) da impostare per relè a protezione dei pacchi batterie.

Lo studio includerà il calcolo delle correnti di cortocircuito sulle stringhe CC dell'impianto fotovoltaico.

L'Appaltatore dovrà inoltre redigere uno studio di Selettività e verifica del corretto dimensionamento delle protezioni.


Dovrà inoltre essere condotta una analisi sulle armoniche volto a valutare la distorsione di tensione creata dagli inverter CC/CA, sulla rete, al fine di definire al meglio la scelta dei filtri più adatti.

Lo studio sulla stabilità transitoria dovrà contenere i diagrammi che mostrano la capacità della rete di riacquistare i parametri nominali nei periodi di tempo prestabiliti in caso di perturbazioni. Questo studio dovrà suggerire inoltre l'impostazione ottimale dei relè di frequenza e di tensione.

### 2.1.8 Fattore di potenza e curva di capability al PdC

Il fattore di potenza ( $\cos\phi$ ) dei servizi ausiliari dell'impianto fotovoltaico e dei trasformatori, nelle normali condizioni di funzionamento e durante le ore notturne, dovrà essere mantenuto all'interno dei limiti imposti dal Codice di Rete (allegato A.68) e dalla CEI 0-16 attraverso la capability degli inverter. Qualora uno studio di load flow dimostri che le sole macchine inverter non siano in grado di garantire tali richieste, si dovrà prevedere nel più vicino possibile al PdC (presumibilmente all'interno della SSU) l'installazione di uno STATCOM opportunamente dimensionato.



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>9 / 106   |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

La necessità di installare uno STATCOM e il suo relativo dimensionamento dovrà essere dimostrata da uno studio della rete elettrica dell'impianto.

### **2.1.9 Dimensionamento dei conduttori**

Il dimensionamento dei cavi dovrà soddisfare i seguenti aspetti:

- Capacità termica di corto circuito;
- Massima caduta di tensione (condizioni stazionarie e condizioni dinamiche di partenza dei carichi);
- Portata in corrente e relativi coefficienti di posa;
- Funzionamento delle protezioni.

A seconda della tipologia di cavo, le temperature dovranno essere contenute entro i limiti consentiti sia in condizioni di normale funzionamento che in condizioni di sovraccarico o cortocircuito, mediante il coordinamento con le protezioni elettriche. Le cadute di tensione dovranno rimanere entro i valori fissati nel paragrafo dedicato.

Il dimensionamento dei cavi verrà effettuato in funzione delle prescrizioni dettate dalle Norme Nazionali ed Internazionali e in particolare:

- IEC 60364-5-52, usata per i cavi di bassa tensione;
- IEC 60502, usata per i cavi di media tensione.

Le condutture di collegamento di singole apparecchiature (es. generatori, trasformatori) saranno dimensionate per la potenza nominale dell'apparecchiatura.

Le condutture di alimentazione di un sistema di sbarre a più sezioni unite da congiuntore saranno dimensionate per la massima potenza richiesta in esercizio normale con una delle alimentazioni fuori servizio.

I cavi di alimentazione di un sistema di sbarre a più sezioni saranno dimensionati per la potenza massima richiesta in condizioni normali di funzionamento.

Le condutture di alimentazione di più carichi saranno dimensionate per la massima potenza richiesta in esercizio normale, tenendo conto di un coefficiente di contemporaneità dei carichi. Tutte le altre condutture saranno dimensionate per massima potenza richiesta in esercizio normale, intesa come il valore massimo assorbito di durata non inferiore a 8 ore con l'impianto funzionante alle condizioni di progetto.

### **2.1.10 Posa e installazione dei cavi elettrici**


#### **Cavi BT e MT**

Per i cavi BT dovrà essere previsto uno scavo di profondità pari ad almeno 0,8 metri.

Per i cavi MT dovrà essere previsto uno scavo di profondità pari ad almeno 1 metro. La larghezza dello scavo dovrà essere in funzione del numero di condutture previste e del loro comportamento termico, per il quale la COMMITTENTE richiederà uno studio specifico.

I cavi MT, sia nelle connessioni interne al campo fotovoltaico che nella connessione con la rete, dovranno essere realizzati con armatura.

I cavi dovranno essere forniti con un'armatura metallica o con un sistema di armatura con airbag.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>10 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

I cavi possono avere diversi tipi di armature: armatura a nastro, armatura a filo o armatura a tubo flessibile, a seconda della sezione e della flessibilità richiesta per l'applicazione specifica. Nel caso di cavi unipolari, il materiale dell'armatura deve essere di un materiale non magnetico.

Per i cavi BT dovrà essere garantita una sufficiente protezione meccanica mediante armatura metallica, tegolini o corrugato. In caso di posa con corrugati si dovrà prevedere un pozzetto di ispezione ogni 100 metri.

### **2.1.11 Sistema di protezioni**

Il sistema di protezione dovrà rispettare i seguenti criteri progettuali:

- Affidabilità: la capacità del sistema di relè di funzionare correttamente quando chiamato ad operare (affidabilità) e di evitare falsi interventi (sicurezza);
- Velocità: minimo tempo di interruzione del guasto per evitare danni alle apparecchiature;
- Selettività: massima continuità di servizio con distacco minimo del sistema;
- Economia: la massima protezione al minimo costo.

Il sistema di protezioni in generale dovrà garantire un adeguato livello di sicurezza in relazione alla:

- Protezione delle persone nei confronti del rischio derivante dagli effetti della corrente elettrica sul corpo umano;
- Protezione dei circuiti e delle apparecchiature da guasti o malfunzionamenti che potrebbero verificarsi;
- Sicurezza del sistema elettrico nei confronti dell'interfacciamento dell'impianto con la rete elettrica nazionale.

Il sistema dovrà rispettare le prescrizioni dettate dal Gestore di Rete Nazionale.

#### **Protezione contro i contatti diretti lato CC**


Per il rischio di contatti diretti il campo fotovoltaico dovrà essere progettato come sistema isolato da terra IT.

La separazione galvanica tra il lato CC e il lato CA verrà garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo, affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso, occorrerà che entri in contatto con entrambe le polarità del campo. Il contatto con una sola polarità non ha praticamente conseguenze a meno che una delle polarità non sia casualmente a contatto con la massa. Pertanto, per prevenire questa eventualità sia i quadri di campo che gli inverter dovranno essere dotati di opportuno dispositivo di rilevazione di perdita di isolamento verso terra che provocherà l'interruzione dell'alimentazione e l'emissione di un segnale di allarme.

#### **Protezione contro i contatti accidentali lato CA**

La protezione dai contatti diretti e indiretti o comunque da tensioni di passo e di contatto dovrà avvenire in accordo alla normativa vigente e in modo dedicato al sistema elettrico interessato.

Al fine di garantire la protezione dai contatti indiretti dovranno essere previsti interruttori differenziali o interruttori con relè differenziali associati. Nel caso in cui la protezione contro i contatti indiretti

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>11 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

venga effettuata per mezzo di interruttori magnetotermici, andrà verificato il valore dell'impedenza dell'anello di guasto Zg. Inoltre, dovranno essere adottate altre misure di protezione come la realizzazione di una rete di terra primaria in grado di rendere equipotenziale il terreno e ridurre la tensione totale di terra e l'utilizzo di relè di protezione attivi che garantiscono tempi di intervento accettabili.

### **Protezione dalle sovracorrenti sul lato CC**

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito (l'unica sovracorrente che può manifestarsi) verrà assicurata dalla caratteristica tensione - corrente dei moduli che limita la Icc degli stessi a valori di poco superiori alla loro corrente nominale. Negli impianti fotovoltaici la corrente di cortocircuito non può superare la somma delle correnti di cortocircuito delle singole stringhe. Pertanto, dovrà essere prevista l'installazione di fusibili opportunamente dimensionati sia nei quadri di campo (SB) che nei quadri di parallelo CC dell'inverter.

### **Protezione dalle sovracorrenti sul lato CA**

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogia limitazione delle correnti in uscita dagli inverter sul lato CA. I cortocircuiti sul lato corrente alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi in riferimento al contributo alla corrente di corto circuito dato dalla rete MT. Per questo gli interruttori sul lato MT dovranno essere equipaggiati con protezioni generali di massima corrente e contro i guasti a terra opportunamente dimensionati e tarati per garantire un buon livello di selettività al corto circuito.

### **Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche**


Dovrà essere verificato, con uno studio dedicato, se l'impianto fotovoltaico aumenta la probabilità di fulminazione diretta e indiretta. Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, le scariche atmosferiche potrebbero infatti provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti, in particolare gli inverter. Pertanto, all'interno dei quadri di campo, come requisito base, saranno previsti gli scaricatori di sovratensione posti a protezione sia degli inverter che dei moduli. Almeno uno scaricatore verrà installato a monte della protezione generale dell'impianto fotovoltaico.

#### **2.1.12 Relè di protezione**

Salvo diversamente specificato dalle normative locali, il sistema di protezione dovrà consentire alla Conversion Unit di essere in grado di rimanere permanentemente connessa alla rete BT ed MT se i valori di tensione e frequenza al Punto di Connessione risultano essere compresi nei range di valori comunicati dal Gestore della rete.

L'appaltatore, nella fase di progetto esecutivo, dovrà validare la definizione del sistema di protezione. Quest'ultimo dovrà rispettare le prescrizioni dettate dal Gestore della rete elettrica nazionale.

Dovranno essere previste protezioni elettroniche multifunzionali capaci di poter essere interconnessi

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>12 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

tra loro tramite bus di dati del sistema SCADA, per poterne effettuare il monitoraggio da remoto.

Il sistema di protezione deve in grado di impedire il funzionamento in “isola” dell’impianto fotovoltaico, in accordo alle prescrizioni del Gestore del gestore della Rete Nazionale.

Le protezioni d’interfaccia adottate, dovranno consentire all’inverter di riprendere automaticamente le condizioni operative normali alla fine di un disturbo che ne ha causato l'intervento (protezioni riarmo automatico).

Le scelte dei TA e TV saranno basate sulle caratteristiche dei principali relè di protezione e sulle eventuali prescrizioni ricevute dal Gestore della rete. I relè dovranno resistere alla tensione di prova che sarà applicata durante il pre-commissioning e la messa in servizio delle apparecchiature.

Durante la fase di progettazione esecutiva dovrà essere sviluppato un documento che mostra le caratteristiche tecniche di ogni circuito (cavi, interruttori, dispositivi di protezione) e i settaggi delle protezioni adottate per ognuno di essi.

Lo schema di principio del sistema di protezione dovrà esser rappresentato negli schemi unifilari di progetto sia definitivo che esecutivo.

L’elenco delle protezioni ANSI minime che dovranno essere implementate sui relè di protezione, è indicato nel documento MO.5.PO.IEN.RINN.1.R03 - CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE di IREN Green Generation Tech s.r.l.).

### **2.1.13 Controllo della rete elettrica e relativi parametri**


La progettazione del sistema di controllo dei parametri della rete elettrica sarà effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- Facilità di comando e regolazione di manovra;
- Facilità di lettura dell’allarme;
- Separazione delle apparecchiature di diversi circuiti o sistemi per evitare errori di manovra e / o lettura;
- Corretta ed immediata localizzazione delle attrezzature di emergenza nonché la loro protezione per evitare problemi di manovra;
- Facilità di intervento per manutenzione e sostituzione dei componenti.

Il sistema di controllo sarà costituito da componenti convenzionali e componenti logici che dovranno essere strettamente interdipendenti e perfettamente compatibili tra loro. Il componente convenzionale dovrà svolgere le funzioni operative, di protezione e di arresto. Sarà composto da quadri elettrici e di manovra.

Il componente logico, di seguito denominato PPC (Power Plant Controller) o CCI (Controllore Centrale d’impianto per gli impianti connessi in MT), dovrà avere le funzioni di controllo e supervisione degli automatismi sulla rete elettrica e sarà composto dai seguenti elementi:

- Sistema perfettamente compatibile con lo SCADA di impianto e relativo software;
- Human Machine Interface (HMI) con relativo software;
- Unità di controllo locale se presente (ECU) con relativo software;
- Reti di comunicazione.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>13 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

Il sistema dovrà inoltre essere in grado di poter gestire gli input ricevuti dal Gestore di Rete Nazionale e controllare i parametri di impianto (potenza attiva, reattiva, frequenza, tensione).

#### **2.1.14 Segnali e misure locali**

Tutti gli arrivi e le sbarre principali dei quadri elettrici dovranno essere dotati di strumenti per consentire la misurazione della tensione (fase-fase e fase e fase-neutro) e della corrente (con possibilità di lettura sulle tre fasi).

I circuiti in partenza dai quadri elettrici saranno dotati di amperometro monofase per carichi equilibrati, o amperometro con selettore per carichi sbilanciati nel caso di circuiti trifase. Sarà fatta eccezione per i circuiti che alimentano gli utenti ausiliari con potenza inferiore a 10 kW e motori con potenza inferiore a 7,5 kW.

Sui quadri elettrici di MT e sui quadri principali di BT verranno utilizzati relè di protezione multifunzione, così da includere le funzionalità di misurazione, come V, A, kV, kVAr, cos $\phi$  e Hz e la relativa registrazione. In aggiunta si dovrà prevedere anche un analizzatore dei disturbi di rete.

Sui circuiti di distribuzione secondaria potranno non essere utilizzate protezioni multifunzione e le funzionalità di misurazione potranno essere svolte da misuratori di V, A, kW, kVAr, PF e Hz dedicati.

## **2.2 MODULI FOTOVOLTAICI**


La proponente in questa fase ha individuato moduli monocristallini bifacciali tipo dual glass con potenza di picco pari a 660 W<sub>p</sub>.

L'installazione prevista è su tracker, orientati di 20° rispetto a Sud e con un'inclinazione variabile tra  $\pm 50^\circ$ . Il numero di moduli previsti in progetto è di 36.504.

I moduli fotovoltaici proposti, provvisti di marchiatura CE e di primario costruttore mondiale, sono realizzati con celle di silicio monocristallino di ultima generazione con diodi di protezione, connettori e cornice rigida in alluminio anodizzato, tolleranza sulla potenza solo positiva, efficienza pari al 24,4%.

#### **Certificazioni/garanzie dei moduli**

- IEC 61215:2021 *“Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval”*.
- IEC 61730:2023 *“Photovoltaic (PV) module safety qualification”*.
- UL 61730:2022 *“Photovoltaic (PV) module safety qualification”*.
- IEC 62941:2019 *“Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing”*.
- Garanzia di 30 anni lineare sulla potenza.
- Garanzia di 12 anni sui difetti di fabbricazione - Common Equity Tier1.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>14 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

### Certificazioni/garanzie del produttore

- ISO9001:2015 “Quality Management System”.
- ISO14001:2015 “*Environment Management System*”
- ISO45001:2018 “*Occupational health and safety management systems*”.

Si dovranno prendere tutti gli accorgimenti del caso, in termini di protezione aggiuntiva delle connessioni, in accordo alle indicazioni del costruttore di moduli.

Di seguito il riepilogo dei principali dati costruttivi dei moduli identificati in progetto:


| <b>Dati costruttivi dei moduli (parametri indicativi)</b> |  |
|---|--|
| Tecnologia costruttiva                                    | Silicio monocristallino (TIER1)                |
| Numero di celle   | 144  |
| <b>Caratteristiche elettriche</b>                         |  |
| Potenza minima  | 660 Wp (con tolleranza positiva)               |
| Tensione di stringa massima                               | 1.500 Vdc                                      |
| Efficienza minima del modulo                              | 24,4%  |
| Tensione nominale (STC)                                   | 44,85 V  |
| Tensione a vuoto (STC)                                    | 54,00 V  |
| Corrente nominale (STC)                                   | 14,72 A  |
| Corrente di corto circuito (STC)                          | 15,41 A  |
| <b>Caratteristiche meccaniche</b>                         |  |
| Dimensioni  | 2.382 x 1.134 x 30 mm                          |
| Peso  | 33,5 kg  |
| Telaio  | Lega in alluminio anodizzato                   |
| Vetro   | 2.0+2.0 mm                                     |
| <b>Certificazioni</b>                                     |  |
| Standard  | IEC 61215, IEC 61730, UL 61730                 |
| Azienda   | ISO 45001, ISO 14001, ISO 9001, IEC62941       |
| Marchio CE  | Presente                                       |
| <b>Condizioni di garanzia</b>                             |  |
| Prodotto  | 12 anni  |
| Potenza di picco  | Lineare, 30 anni con minimo 88,85% al 30° anno |

Tabella 1 - Sommario dei principali dati di progetto

## 2.3 INVERTER DI CAMPO

Gli inverter saranno del tipo distribuito e multistringa, in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto caratteristico della curva di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico.

I valori della tensione e della corrente in ingresso di questi dispositivi dovranno essere compatibili

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>15 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

con quelli del campo fotovoltaico a cui sono collegati (fino a 1.500 Vdc), mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita dovranno essere compatibili con quelli della rete elettrica a cui saranno collegati.

Ad ogni MPPT sarà abbinato un sottocampo caratterizzato dalla stessa esposizione solare.

Gli inverter saranno dotati di un sistema di diagnostica interna in grado di inibire il funzionamento in caso di malfunzionamento e saranno dotati di sistemi per la riduzione delle correnti armoniche, sia sul lato CA e CC.

Gli inverter saranno dotati di marcatura CE e saranno dotati di grado IP Minimo IP66.

Gli inverter saranno capaci di operare all'interno dei seguenti range operativi – 30°C +60°C.

Saranno dotati di sistema di ventilazione automatico (aria o liquido).

Di seguito si portano i dati tecnici identificati di progetto degli inverter:


|  |               |
|--|---------------|
| <b>INGRESSO (CC)</b>                             |               |
| Tensione d'ingresso max                          | 1.500 V       |
| Intervallo di tensione d'ingresso MPPT operativo | 500-1.500 V   |
| Corrente massima d'ingresso per MPPT             | 65 A          |
| <b>USCITA (AC)</b>                               |               |
| Max Potenza attiva nominale AC                   | 300 kW        |
| Max Potenza apparente AC                         | 330 kVA       |
| Corrente nominale in uscita                      | 216.6 A       |
| Massima corrente in uscita                       | 238.2 A       |
| Tensione nominale AC                             | 800 V         |
| Frequenza nominale                               | 50 Hz / 60 Hz |
| Distorsione armonica totale                      | < 1%          |
| <b>EFFICIENZA</b>                                |               |
| Massima efficienza (*)                           | ≥ 99,0%       |
| Efficienza Europea (*)                           | ≥ 98,8%       |
| <b>PROTEZIONI</b>                                |               |
| Sovratensione                                    | Sì            |
| Termica  | Sì            |
| Rilevamento guasto a terra                       | Sì            |

*Tabella 2 - Sommario dei principali dati degli inverter*

I principali parametri relativi alla produzione ed allo stato dell'inverter dovranno poter essere acquisiti da sistema SCADA.

L'Appaltatore sarà responsabile del corretto imballaggio e della spedizione delle merci che avverrà in conformità con gli standard di settore applicabili. L'imballaggio dovrà essere adeguato alla modalità di trasporto scelta e volto a prevenire eventuali danni durante la spedizione, garantendo una consegna e uno stoccaggio sicuri alla destinazione finale.



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>16 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |


L'Appaltatore dovrà fornire alla Committente le istruzioni di imballaggio, spedizione e carico/scarico (che saranno soggette a revisione da parte della Committente), nonché le raccomandazioni sullo stoccaggio. L'imballaggio dovrà essere progettato considerando uno stoccaggio per lunghi periodi nel rispetto delle condizioni ambientali specificate.

## 2.4 INSEGUITORI SOLARI

Le principali caratteristiche e specifiche che gli inseguitori solari (trackers) dovranno prevedere sono le seguenti:

- monoassiale, strutture 1P (o, nel caso fosse necessario a fronte delle specificità del progetto, e in ogni caso a valle di una approvazione della Committente, 2P);
- pitch:
  - minimo 5,5 metri per configurazioni 1P (da confermare con studio di producibilità che tenga in conto l'orografia del sito);
  - minimo 10 metri per configurazioni 2P (da confermare con studio di producibilità che tenga in conto l'orografia del sito);
- strutture metalliche progettate e verificate in accordo alla ENV 1993-1-1 e NTC 2018;
- manufacturer tracker: Convert, Comal, Deger;
- tracker con orientamento azimutale il più prossimo possibile allo zero (asse N-S); nel caso di progettazione di impianto agrivoltaico è possibile utilizzare valori di azimut diversi, previa approvazione della Committente;
- l'altezza massima del palo di sostegno della struttura tracker deve essere di 2,5 m; nel caso in cui si ecceda comunque il valore di 2 m occorre segnalarlo in maniera opportuna.
- l'azionamento deve essere elettromeccanico, con motori elettrici e opportuni convertitori di coppia;
- la struttura tracker sarà costituita da un numero di pannelli pari alla stringa elettrica proposta o eventualmente in multipli interi di tale numero;
- il tracker sarà progettato per garantire l'angolo operativo e sarà predisposto per il backtracking per evitare l'ombreggiatura da fila a fila al tramonto e all'alba. Il backtracking sarà impostato in base ai parametri del sito di installazione e alla spaziatura delle file;
- massimo errore di tracking  $\pm 1\%$ ;
- ogni fila di tracker sarà indipendente per facilitare le attività di manutenzione e di pulizia;
- controllo remoto da SCADA e protocollo di comunicazione Modbus TCP;
- sistema di controllo del tracker progettato con PC o PLC (con funzione di master e slave) e installato di un armadio con IP65;
- in caso di vento forte, il sistema di controllo attiverà automaticamente la posizione di Stow. Tale posizione deve essere raggiunta anche in caso di mancanza del sistema di comunicazione o mancanza di alimentazione di rete;



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>17 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |


- per ciascun tracker devono essere registrati, trasmessi al sistema SCADA e utilizzati a fini di controllo, come minimo i seguenti parametri:
  - angolo misurato dei moduli;
  - guasto dell'inclinometro;
  - precisione PLC clock;
  - assenza di potenza;
  - velocità del vento;
  - posizione di stow;
  - allarmi;
- algoritmo del tracker sarà basato sull'astronomical clock;
- ogni tracker (o ogni gruppo di tracker) sarà dotato di:
  - anemometri, per misurare la velocità e la direzione del vento;
  - sensori di temperatura ambientale;
- ogni inseguitore sarà manovrabile manualmente in caso di grave interruzione dell'alimentazione elettrica senza bisogno di attrezzi speciali;
- i tracker saranno essere alimentati tramite alimentazione normale dalla rete (quadro ausiliario BT della Conversion Unit del relativo sottocampo) in Bassa Tensione. Il sistema di controllo dei tracker dovrà essere in grado di raggiungere le posizioni di sicurezza in qualsiasi situazione. I carichi necessari a raggiungere le posizioni di sicurezza andranno alimentati tramite l'UPS della Conversion Unit del relativo sottocampo.
- I tracker saranno dotati di un opportuno sistema di messa a terra.

## 2.5 CONVERSION UNIT

In impianto saranno dislocate n.9 cabine elettriche denominate Conversion Unit MT/BT e descritte nel seguito. Le Conversion Unit hanno la funzione di convertire l'energia proveniente dal campo fotovoltaico da CC a CA e di elevare la tensione da bassa ('BT') a media tensione ('MT') per adattarla alla tensione della rete di distribuzione a cui l'impianto verrà connesso.

Ogni singola Conversion Unit sarà costituita da elementi prefabbricati (in calcestruzzo o in metallo tipo container) suddivisi in vari scomparti, la cui struttura sarà progettata per garantire la massima durabilità e robustezza meccanica. Le pareti e il tetto saranno isolate al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua ed un corretto isolamento termico.

La cabina elettrica dovrà essere divisa in più locali dedicati opportunamente dimensionati per contenere le diverse apparecchiature e sarà posata su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni per il contenimento della struttura ove saranno già predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Tutte le aperture, feritorie per la ventilazione e scambio dell'aria nonché i cunicoli e cavidotti passaggi cavi saranno opportunamente protetti da sistemi anti-roditori. Sarà dotata di porte di accesso per consentire l'ispezione e la manutenzione ordinaria e straordinaria.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>18 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

All'interno della cabina sarà prevista una illuminazione normale e di emergenza con lampade a Led. Il livello di illuminamento medio mantenuto dovrà essere adeguato all'applicazione e concorde alla normativa tecnica vigente. Il livello di illuminamento dovrà essere verificato con relazione di calcolo illuminotecnico. Le lampade di emergenza di sicurezza dovranno essere dotate di batterie di autoalimentazione. La batteria dovrà garantire il funzionamento minimo dell'illuminazione di emergenza di 2 ore.

L'altezza utile netta all'interno della Conversion Unit dovrà essere conforme alle distanze minime richieste dai componenti al suo interno. In particolare, la distanza minima tra il punto più alto misurato sulle apparecchiature e il tetto della cabina elettrica dovrà rispettare i parametri di sicurezza contro la propagazione dell'esplosione.

Il compartimento contenente l'UPS dovrà essere climatizzato; gli altri compartimenti potranno essere ventilati.


In generale, dovranno essere dotate di tutte le attrezzature necessarie per adempiere al proprio compito. La Conversion Unit dovrà essere progettata, costruita e testata secondo le norme IEC (International Electrical Code), in particolare le norme EN 50522 e EN 61936-1. Inoltre dovrà essere provvista al suo esterno di un pulsante di apertura dei sistemi elettrici entro cassetta stagna con grado di protezione IP55, con portina di vetro frangibile anti-scheggia, serratura a chiave e martelletto di frattura con catenella e supporto fissato a parete e dotate di opportuno pittogramma.

All'interno delle Conversion Unit saranno presenti:

- quadro MT;
- trasformatore MT/BT;
- trasformatore servizi ausiliari BT/BT;
- quadro BT;
- UPS;
- quadro servizi ausiliari;
- contatore energia prodotta (lato BT);
- impianto di rivelazione incendi;
- rack dati;
- impianto di terra connesso all'impianto di terra del campo FV;
- Estintori;
- Cartellonistica di sicurezza.

### 2.5.1 Quadro MT

All'interno delle CU sarà presente un quadro di media tensione installato a monte del trasformatore elevatore. Il quadro dovrà essere progettato e realizzato in accordo alle norme tecniche inerenti, in particolare la IEC 62271-200; sarà dimensionato per l'effettiva corrente di corto circuito a monte del quadro stesso e per le condizioni ambientali previste nel sito di installazione garantendo il rispetto dei valori nominali. Ogni unità dovrà essere progettata e strutturata in compartimenti (celle MT) che

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>19 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

dovranno contenere tutte le apparecchiature elettriche e meccaniche necessarie. Le celle dovranno essere separate dalle altre unità mediante separatori metallici.

Il quadro dovrà essere fornito con idonei sistemi di anticondensa e tracciamento umidità (scaldiglia/resistenza). Non sono ammessi fusibili o sezionatori per la protezione di linee o di trasformatori. Fusibili d'idonea taglia potranno altresì essere accettati per la sola protezione dei circuiti di misura del quadro MT. Il quadro dovrà essere dotato di protezioni microelettroniche multifunzione comunicanti con il sistema di controllo SCADA tramite protocollo TCP/IP MODBUS o IEC61850.

I trasformatori di misura e di protezione dovranno essere in accordo alla norma IEC 61869 e alla norma CEI 0-16 oltre che essere forniti con adeguata classe di precisione e idoneo rapporto di trasformazione.

In particolare, i trasformatori di misura dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- TA: classe di precisione 0,2 (UTF)
- TV: classe di precisione 0,2 (UTF)

I trasformatori di protezione dovranno presentare invece le seguenti caratteristiche minime:

- TA: classe di precisione 5P 20
- TV: classe di precisione 3P 20
- TO: classe di precisione 5P 20

Per esigenze dimensionali delle Conversion Unit, i quadri MT dovranno essere specificati e forniti di tipo GIS, interamente isolato in SF6, sia sbarra di potenza che dispositivi di manovra e interruzione.


I carichi ausiliari dei QMT da porre sottoalimentazione dell'UPS dovranno avere tensione di 230 V monofase FASE+NEUTRO, salvo valori diversi di tensione espressamente necessarie. Tali valori divergenti dovranno essere sottoposti all'approvazione della Committente.

Gli interruttori del quadro MT dovranno essere dotati di sistemi per caricare la molla e richiusura motorizzata. Se non diversamente specificato nei documenti di progetto, i quadri MT dovranno rispettare i seguenti ulteriori requisiti minimi progettuali.

| Requisiti minimi quadri MT        |   |
|-----------------------------------|---|
| Tipo costruttivo                  | Apparecchiatura con involucro metallico |
| Categoria di continuità servizio  | LSC2B, classe dei diaframmi PM          |
| Classificazione dell'arco interno | Richiesta                               |
| Classe di accessibilità           | A                                       |
| Accesso alle compartimentazioni   | Mediante attrezzo                       |
| Grado di protezione IP            | IP 4X                                   |

Tabella 3 – Requisiti minimi quadri MT

In generale, il quadro MT presente all'interno delle Conversion Unit (CU) sarà composto da:

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>20 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- 3 scomparti (arrivo linea, protezione trasformatore, partenza a CU successiva) nella CU1, CU2, CU4, CU5, CU7, e CU8;
- 2 scomparti (arrivo linea, protezione trasformatore) nella CU3, CU6 e CU9.

### 2.5.2 Trasformatori MT/BT

All'interno della Conversion Unit sarà presente il trasformatore immerso in olio necessario per elevare la tensione in uscita dai convertitori. Ogni cabina avrà al suo interno un trasformatore con le seguenti caratteristiche:

- Potenza: 3.300 kVA [40 °C]
- Gruppo vettoriale: Dy11
- Tensione: 30/0,8 kV  $\pm 2 \times 2,5\%$ ,
- Tipo di raffreddamento: ONAN. La potenza nominale dovrà essere definita in riferimento al funzionamento ONAN con fattore di potenza  $\cos\phi = 0,8$
- Classe termica: A
- Classe di isolamento: F
- Classe ambientale: E1
- Classe climatica: C1
- Classe comportamento al fuoco: F1

Il trasformatore MT/BT dovrà essere selezionato in accordo alla norma IEC 60076.

Il trasformatore MT/BT di potenza dovrà essere dotato sull'avvolgimento primario (avvolgimento di Media Tensione) di un sistema di commutazione a vuoto con regolazione con le seguenti prese di tensione  $\pm 2 \times 2,5\%$ .


Il trasformatore dovrà essere fornito almeno con i seguenti accessori:

- N. 4 ruote bidirezionali orientabili ortogonalmente.
- N. 4 golfari di sollevamento.
- N. 4 ganci di traino.
- N. 2 morsetti di messa a terra.
- Targa con caratteristiche.
- N.3 termosonde tipo PT100 per avvolgimenti e n.1 termosonda tipo PT100 per il nucleo magnetico, collegate ad una centralina termometrica (questa inclusa e installata sul quadro servizi cabina) con indicazione digitale della temperatura raggiunta.
- alimentazione 230V, contatti per comando ventilazione, preallarme, allarme e guasto.

Il trasformatore di potenza MT/BT ad olio dovrà essere installato all'interno di un'area grigliata.

L'apertura della griglia dovrà comportare lo spegnimento del trasformatore elevatore.

Il trasformatore dovrà essere provvisto di sistema di raccolta dell'olio.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>21 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

### 2.5.3 Quadro BT

Il quadro di Bassa Tensione sarà progettato e costruito in accordo alla IEC 61439. Dovrà essere progettato per un funzionamento nominale con raffreddamento naturale e alle condizioni di temperatura ambiente di progetto.

Il Quadro BT dovrà essere completamente assemblato, cablato, sistemato e testato nella sede del fornitore, così da minimizzare il lavoro di installazione e commissioning in sito.

Il quadro BT dovrà consistere in strutture autoportanti, verticali in metallo consistenti le barre in rame isolati delle fasi e del neutro, i morsetti di messa a terra, gli interruttori ad aria, interruttori scatolati, interruttori automatici, contattori, trasformatori di misura, relè, switch di misura o controllo.

Gli interruttori del quadro BT in arrivo dal trasformatore MT/BT dovranno essere interruttori automatici di tipo scatolato. Gli interruttori posti a protezione di linee di carichi ausiliari dovranno essere invece di tipo modulare.

I quadri BT con corrente di cortocircuito di sbarra  $\geq 50$  kA dovranno avere certificato il loro livello di contenimento interno d'arco (IAC). Il parametro IAC dovrà essere al livello della corrente di guasto di sbarra.


Il quadro BT dovrà essere dotato di sistemi IED (Intelligent Electronic Devices) per eseguire e monitorare funzioni di protezione. I sistemi IED dovranno permettere il monitoraggio da parte del sistema SCADA.

Il quadro BT dovrà, inoltre, essere dotato di:

- morsettiere terminali principali ed ausiliarie;
- illuminazione interna composta da plafoniera a LED;
- presa di servizio 230 Vac – universale 10 A;
- scaldiglia termostata con attivazione configurabile a partire da 8-10 °C;
- termostati per la rilevazione della temperatura interna del quadro con soglia di allarme impostata a 30 °C e soglie impostabili per l'attivazione/disattivazione della ventilazione forzata;
- ventilazione forzata ridondata mediante estrattori sul fianco, comandata da logica di scambio e attivazione basata sulle soglie dei termostati; dovrà essere rinviato segnale di allarme al sistema di supervisione remota di IREN Energia in caso di anomalia;
- condizionamento interno quadro per sistemi di automazione, regolazione con PLC-PC qualora installati in locali non climatizzati.

I singoli circuiti ausiliari, gli strumenti di controllo/misura, ecc. dovranno essere protetti con interruttori magnetotermici dotati di segnalazione di scatto riportata nella catena degli allarmi.

Dovranno essere previsti morsetti di riserva nelle morsettiere per le connessioni esterne, nella quantità di almeno il 10%.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>22 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

#### **2.5.4 Quadro BT servizi ausiliari Conversion Unit**

Il quadro di bassa tensione dedicato ai servizi ausiliari alimenterà i carichi ausiliari della Conversion Unit. Sarà composto da sezionatori/interruttori automatici di tipo modulare per l'alimentazione dei seguenti carichi (indicativi):

- alimentazione strumentazione e monitoraggio;
- alimentazione ventilazione e HVAC (se presente);
- alimentazione ausiliari BT;
- alimentazione sistemi di monitoraggio;
- alimentazione sistemi di controllo tracker;
- alimentazione ausiliari MT;
- alimentazione circuiti luce e FM;
- alimentazione UPS e carichi privilegiati.

Il quadro sarà alimentato da un trasformatore BT/BT 50 kVA con le seguenti caratteristiche:

- alimentazione trifase con tensione secondaria 400V/230Vca;
- avvolgimenti di primario e secondario in alluminio.

La Conversion Unit sarà dotata di un sistema UPS con banchi di batterie per alimentare i carichi di sicurezza degli impianti. Il sistema UPS, di tipo statico, dovrà alimentare i seguenti carichi vitali:

- alimentazione impianto rivelazione incendi;
- alimentazione ausiliari Conversion Unit;
- alimentazione ausiliari inverter;
- alimentazione ausiliari quadri elettrici MT;
- alimentazione ausiliari quadri elettrici BT.

Le caratteristiche dell'UPS sono riportate nel capitolo 2.10.


#### **2.5.5 Automazione, telecomunicazione e sistemi di sicurezza**

La CU dovrà includere adeguata integrazione nel sistema SCADA dell'impianto fotovoltaico come indicato nel paragrafo dedicato al sistema SCADA.

#### **2.5.6 HVAC**

Le Conversion Unit dovranno essere dotate di un sistema di climatizzazione, riscaldamento, ventilazione e aria climatica (HVAC), al fine di mantenere la temperatura, l'umidità relativa e la qualità dell'aria all'interno di determinati limiti per garantire un funzionamento corretto ai dispositivi elettronici e condizioni lavorative accettabili per gli operatori.

In fase di progettazione esecutiva, il Fornitore dovrà produrre una relazione dettagliata inerente

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>23 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

a studi aerodinamici del sistema di ventilazione, considerando i seguenti aspetti:

- dissipazione di calore per ogni dispositivo, incluso il trasformatore MT/BT (se installato in locale interno);
- adeguato scambio di aria naturale dovrà essere garantito in tutti gli ambienti;
- garantire un'adeguata temperatura all'interno di tutti i locali o armadi (Delta T max = 5°C) con particolare riferimento agli inverter, UPS e gli armadi del sistema di controllo. La temperatura interna dei locali Conversion Unit non potrà essere superiore di 5°C rispetto alla temperatura ambiente esterna;
- il sistema di ventilazione forzata dell'aria nei locali interni dovrà essere ridondante (2x100%);
- prevedere adeguati sistemi di protezione dall'ingresso di acqua, animali, insetti, oggetti esterni, ecc.;
- prevedere adeguato sistema di sensori di temperatura, esterni ed interni, per il monitoraggio della temperatura;
- prevedere un adeguato sistema di filtri per l'aria entrante nella Conversion Unit dall'esterno.
- gli estrattori dell'aria dovranno essere montati sulle pareti perimetrali (escluse le porte di accesso), inclusivi di un termostato regolabile fino a 50°C per avvio automatico, a un interruttore a 3 posizioni (Man-0-Aut).

Il termostato dovrà avere due soglie:

- la prima soglia dovrà attivare il primo sistema di ventilazione;
- la seconda soglia dovrà attivare il sistema di ventilazione backup.

Il termostato dovrà essere capace anche di inviare con continuità misure della temperatura ambiente interna (segnale analogico 4-20 mA) alla RTU/PLC del sistema di monitoraggio.

Dovrà essere garantito un sistema di ventilazione aria naturale e forzato per i locali interni. Il fornitore dovrà produrre una relazione dettagliata inerente a studi aerodinamici del sistema di ventilazione, al fine di verificare il rispetto dei seguenti criteri:


- Il gradiente massimo tra temperatura interna e temperatura ambiente esterna non superi mai i 5°C;
- La temperatura massima interna non superi mai i 30°C.

Il sistema di ventilazione formato nel locale trasformatore MT/BT dovrà essere ridondante (2x100%) e progettato in funzione delle condizioni estreme. Dovranno essere previste opportune feritoie per proteggere i locali interno dall'ingresso di corpi esterni.

## 2.6 CABINA DI RACCOLTA

Nella Cabina di Raccolta prevista all'ingresso dell'area dell'impianto fotovoltaico, da un lato convogliano le 3 linee MT L1, L2, L3 provenienti dalle CU, dall'altro parte la linea MT di collegamento alla Sotto Stazione Utente SSU ('POD').



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>24 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

La cabina potrà essere realizzata mediante una delle due seguenti soluzioni:

- edificio prefabbricato con murature in cls;
- edificio prefabbricato di tipo container.

In generale, in fase di progettazione definitiva, è prevista una cabina MT avente dimensioni minime pari a 15 m x 3 m e altezza interna minima di 2,70 m.

L'accesso al locale MT dovrà avvenire mediante porte apribili verso l'esterno, di altezza minima 2 m e larghezza minima 0,8 metri. Le porte dovranno avere almeno resistenza al fuoco EI 60 (CEI 99-2). Le porte devono essere chiuse a chiave, ma aprirsi dall'interno anche se chiuse a chiave dall'esterno. La dimensione della porta deve essere tale da movimentare verso l'esterno l'apparecchiatura più grande.

La Cabina di Raccolta è divisa nei seguenti locali:

- locale quadri MT;
- locale quadri BT, UPS, rack dati;
- locale trasformatore ausiliari.

I locali dovranno avere le dimensioni interne minime seguenti (lunghezza x profondità):


- locale MT: 8 x 2,82 m;
- locale quadri BT, UPS, rack dati: 4,68 x 2,82 m;
- locale trasformatori ausiliari: 1,96 x 2,82 m.

L'altezza minima interna dei locali dovrà essere sufficiente a ospitare i macchinari previsti, garantendone un corretto funzionamento. L'altezza minima interna non dovrà comunque essere inferiore a 2,7 metri. I locali delle cabine dovranno essere predisposti con pavimento flottante per permettere il passaggio cavi (potenza e segnale). Il pavimento flottante dovrà essere progettato e realizzato secondo le normative tecniche vigenti, così da supportare i pesi delle apparecchiature elettromeccaniche installate. L'altezza del pavimento flottante, e conseguente posa dei cavi, dovrà essere tale da garantire il rispetto del raggio di curvatura minimo dei cavi stessi.

Al fine di facilitare il rispetto di tale condizione, sarà cura dell'Appaltatore valutare la sopraelevazione dei quadri con un apposito zoccolo in muratura. Qualora si opti per tale soluzione, i quadri elettrici dovranno essere predisposti con un setto di separazione anticondensa alla loro base (lato ingresso cavi).

L'ingresso cavi nelle tubazioni poste sotto il pavimento flottante dovrà essere adeguatamente tamponata al fine di evitare l'ingresso di oggetti estranei e/o animali. I passaggi per il transito persone devono essere almeno larghi 80 cm. Qualora dietro un quadro chiuso sia previsto il transito di persone, la larghezza del passaggio potrà essere ridotta a 50 cm. Le vie di fuga dovranno essere larghe almeno 50 cm con portelle aperte ed interruttori estratti. I percorsi delle vie di fuga dovranno essere conformi alle indicazioni contenute nella norma CEI 99-2.



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>25 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

Ogni telaio ospitante apparecchiature elettromeccaniche o moduli di segnale dovrà essere dotati di 2 (due) golfari di sollevamento. Gli ambienti interni al locale MT dovranno avere sistema di illuminazione LED con illuminamento di 200 lx e uniformità pari a 0,4. Gli apparecchi di illuminazione dovranno avere grado di protezione IP 44. I locali interni dovranno essere dotati di un sistema di illuminazione di emergenza con luci dotate di batteria con alimentazione pari ad almeno 2 ore.

I locali interni dovranno essere dotati di sistema di condizionamento. L'Appaltatore dovrà produrre una relazione dettagliata inerente a studi aerodinamici del sistema di ventilazione, al fine di verificare il rispetto dei seguenti criteri:

- Il gradiente massimo tra temperatura interna e temperatura ambiente esterna non superi mai i 5°C;
- La temperatura massima interna non superi mai i 30°C.


### 2.6.1 Quadro MT

All'interno della Cabina di Raccolta sarà presente un quadro di media tensione che dovrà essere progettato e realizzato in accordo alle norme tecniche inerenti, in particolare la IEC 62271-200; sarà dimensionato per l'effettiva corrente di corto circuito a monte del quadro stesso e per le condizioni ambientali previste nel sito di installazione garantendo il rispetto dei valori nominali. Ogni unità dovrà essere progettata e strutturata in compartimenti (celle MT) che dovranno contenere tutte le apparecchiature elettriche e meccaniche necessarie. Le celle dovranno essere separate dalle altre unità mediante separatori metallici.

Il quadro dovrà essere fornito con idonei sistemi di anticondensa e tracciamento umidità (scaldiglia/resistenza). Non sono ammessi fusibili o sezionatori per la protezione di linee o di trasformatori. Fusibili d'idonea taglia potranno altresì essere accettati per la sola protezione dei circuiti di misura del quadro MT. Il quadro dovrà essere dotato di protezioni microelettroniche multifunzione comunicanti con il sistema di controllo SCADA tramite protocollo TCP/IP MODBUS o IEC61850.

Se non diversamente specificato esplicitamente, nella Cabina di Raccolta, il quadro di Media Tensione dovrà essere un quadro con sistema di barre isolate in aria, con interruttori in SF<sub>6</sub> o in vuoto per impianti con tensione non superiore a 20 kV. Per impianti che presentino tensione MT maggiore di 20 kV, il quadro di Media Tensione dovrà anche avere sistema di barre isolate in SF<sub>6</sub>. Gli interruttori del quadro MT dovranno essere dotati di sistemi per caricare la molla e richiusura motorizzata. Se non diversamente specificato in documenti di progetto, i quadri MT dovranno rispettare i requisiti minimi progettuali.

I trasformatori di misura e di protezione dovranno essere in accordo alla norma IEC 61869 e alla norma CEI 0-16 oltre che essere forniti con adeguata classe di precisione e idoneo rapporto di trasformazione.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>26 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

In particolare, i trasformatori di misura dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- TA: classe di precisione 0,2 (UTF)
- TV: classe di precisione 0,2 (UTF)

I trasformatori di protezione dovranno presentare invece le seguenti caratteristiche minime:

- TA: classe di precisione 5P 20
- TV: classe di precisione 3P 20
- TO: classe di precisione 5P 20

Per esigenze dimensionali delle Conversion Unit, i quadri MT dovranno essere specificati e forniti di tipo GIS, interamente isolato in SF6, sia sbarra di potenza che dispositivi di manovra e interruzione.

I carichi ausiliari dei QMT da porre sottoalimentazione dell'UPS dovranno avere tensione di 230 V monofase FASE+NEUTRO, salvo valori diversi di tensione espressamente necessarie. Tali valori divergenti dovranno essere sottoposti all'approvazione della Committente.

Gli interruttori del quadro MT dovranno essere dotati di sistemi per caricare la molla e richiusura motorizzata. Se non diversamente specificato nei documenti di progetto, i quadri MT dovranno rispettare i seguenti ulteriori requisiti minimi progettuali.

| <b>Requisiti minimi quadri MT</b> |   |
|-----------------------------------|---|
| Tipo costruttivo                  | Apparecchiatura con involucro metallico |
| Categoria di continuità servizio  | LSC2B, classe dei diaframmi PM          |
| Classificazione dell'arco interno | Richiesta                               |
| Classe di accessibilità           | A                                       |
| Accesso alle compartimentazioni   | Mediante attrezzo                       |
| Grado di protezione IP            | IP 4X                                   |

*Tabella 4 – Requisiti minimi quadri MT*


Il quadro MT sarà composto dai seguenti scomparti:

- risalita;
- arrivo linea da SSU;
- cella misure;
- partenza linea 1 (verso CU1, CU2, CU3);
- partenza linea 1 (verso CU4, CU5, CU6);
- partenza linea 1 (verso CU7, CU8, CU9);
- protezione trasformatore ausiliari di cabina.

## 2.6.2 Trasformatore Aux MT/BT

Il trasformatore dei servizi ausiliari della Cabina di Raccolta MT sarà fornito in resina con le seguenti caratteristiche tecniche:

- potenza minima 100 kVA @ cosfi 0,8.
- Classe termica F - 100 K.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>27 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- Classe di isolamento F.
- Classe ambientale E2.
- Classe climatica C2.
- Classe comportamento al fuoco F1.

Il trasformatore MT/BT dovrà essere selezionato in accordo alla norma IEC 60076.

Il trasformatore elevatore dovrà essere fornito almeno con i seguenti accessori:

- N. 4 ruote bidirezionali orientabili ortogonalmente;
- N. 4 golfari di sollevamento;
- N. 4 ganci di traino;
- N. 2 morsetti di messa a terra;
- Targa con caratteristiche;
- n.3 termosonde tipo PT100 per avvolgimenti e n.1 termosonda tipo PT100 per il nucleo magnetico, collegate ad una centralina termometrica (questa inclusa e installata sul quadro servizi cabina) con indicazione digitale della temperatura raggiunta;
- alimentazione 230V, contatti per comando ventilazione, preallarme, allarme e guasto;

Il trasformatore degli ausiliari avrà le seguenti caratteristiche:

- Potenza 100 kVA
- Gruppo vettoriale: Dyn11
- Tensione: 30/0,4 kV  $\pm 2 \times 2,5\%$
- Vcc: 6%


### **2.6.3 Quadro BT servizi ausiliari cabina di raccolta**

Il quadro di bassa tensione dedicato ai servizi ausiliari alimenterà i carichi ausiliari della cabina di raccolta e della control room. Sarà composto da sezionatori/interruttori automatici di tipo modulare per l'alimentazione dei seguenti carichi (indicativi):

- alimentazione strumentazione e monitoraggio;
- alimentazione ventilazione e HVAC (se presente);
- alimentazione ausiliari BT;
- alimentazione ausiliari MT;
- alimentazione circuiti luce e FM;
- alimentazione carichi control room (quadro ausiliari control room);
- alimentazione circuiti luce e FM magazzino;
- alimentazione UPS e carichi privilegiati.

La Cabina di Raccolta sarà dotata di un sistema UPS con banchi di batterie per alimentare i carichi di sicurezza degli impianti. Il sistema UPS, di tipo statico, dovrà alimentare i seguenti carichi vitali:

- alimentazione impianto rivelazione incendi;

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>28 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- alimentazione ausiliari Cabina di Raccolta;
- alimentazione ausiliari quadri elettrici MT;
- alimentazione ausiliari quadri elettrici BT.

Le caratteristiche dell'UPS sono riportate nel capitolo 2.10.

## 2.7 CONTROL ROOM

Nei pressi della Cabina di Raccolta dovrà essere previsto un altro edificio chiamato "Control Room". La Control Room dovrà avere ingombro totale di dimensioni almeno pari a 4,50x2,20x3,000m (altezza interna 2,70m), con struttura realizzata con profili presso piegati a freddo in acciaio sp. 30/10 mm, pannelli coibentati autoportanti di tamponamento e pavimentazione, su opportuna struttura in carpenteria metallica, realizzata con pannello truciolare o in multistrato con finitura mediante pavimento in PVC o linoleum incollato antiscivolo, ignifugo e coibentato.

Il monoblocco è costituito da una struttura staticamente indipendente, adatto ad essere poggiato su un'ideale superficie piana e livellata (platea oppure orditura di travi corrispondenti alla proiezione in pianta), in modo da ripartire i carichi uniformemente al suolo. Il fissaggio a terra avviene mediante piastre saldate sul profilo di base e tassellate a terra.

Il locale sarà dotato di quadro di bassa tensione dedicato ai servizi ausiliari. Sarà composto da sezionatori/interruttori automatici di tipo modulare per l'alimentazione dei seguenti carichi (indicativi):

- alimentazione circuiti luce e FM;
- alimentazione ventilazione e HVAC;
- alimentazione impianto rivelazione incendi;
- alimentazione UPS e carichi privilegiati.


La Control Room prevedrà una workstation completa di computer, con possibilità di interfacciarsi con il sistema SCADA dell'impianto e il sistema di videosorveglianza e antintrusione.

Il locale sarà provvisto di sistema di condizionamento e finestra di adeguate dimensioni per garantire la necessaria illuminazione naturale. La porta di accesso dovrà essere di dimensioni adatte al passaggio di persone e carrozzine.

All'interno della Control Room sarà prevista una illuminazione normale e di emergenza con lampade a Led. Il livello di illuminamento medio mantenuto dovrà essere adeguato all'applicazione e concorde alla normativa tecnica vigente. Il livello di illuminamento dovrà essere verificato con relazione di calcolo illuminotecnico. Le lampade di emergenza di sicurezza dovranno essere dotate di batterie di autoalimentazione. La batteria dovrà garantire il funzionamento minimo dell'illuminazione di emergenza di 2 ore.

La Control Room dovrà prevedere adeguato sistema di messa a terra.

La Control Room sarà dotata di un sistema UPS con banchi di batterie per alimentare i carichi di sicurezza degli impianti. Il sistema UPS, di tipo statico, dovrà alimentare i seguenti carichi vitali:

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>29 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- alimentazione impianto rivelazione incendi;
- alimentazione impianto TVCC;
- alimentazione impianto SCADA;
- alimentazione controllo e monitoraggio tracker;
- alimentazione monitoraggio stazione meteo.

Le caratteristiche dell'UPS sono riportate nel capitolo 2.10


## 2.8 SOTTOSTAZIONE D'UTENZA

La SSU qualora necessario sarà a titolo indicativo e non esaustivo composta da:

- Locale tecnico, inclusivo di:
  - Locale quadri MT 30kV;
  - Locale trasformatore MT/BT 30/0,4 kV per ausiliari SSU;
  - Locale quadri BT e ausiliari della SSU;
  - Locale SCADA FV;
  - Locale misure.
- Gruppo Elettrogeno;
- Trasformatore AT/MT 132/30kV da 30/40 MVA (ONAN/ONAF);
- Apparecchiature AT:
  - Scaricatore di terra;
  - Trasformatore voltmetrico;
  - Trasformatore amperometrico;
  - Interruttore AT;
  - Trasformatore voltmetrico;
  - Sezionatore con coltelli di terra;
  - Scaricatore di terra;
  - Terminali cavi;
- STATCOM (se necessario)

### 2.8.1 Trasformatore AT/MT

Per la connessione alla RTN si prevede la costruzione di una sottostazione di utenza in prossimità del punto di connessione previsto. Il trasformatore AT/MT dovrà presentare livelli di tensione al primario e al secondario funzionali alle specifiche del progetto. Il trasformatore dovrà essere dotato di vasca raccolta dell'olio. Il trasformatore AT/MT dovrà essere costruito secondo le norme IEC 60076 e CEI EN 50629.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>30 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

Il trasformatore dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| Potenza nominale                                 | 30 MVA (ONAN)<br>40 MVA (ONAF) |
| Numero delle fasi                                | 3                              |
| Numero di avvolgimenti                           | 6                              |
| On load tap changer tensione primaria            | Richiesto                      |
| Gruppo vettoriale                                | YNd11                          |
| Vcc  | 12%                            |
| Tipologia di isolamento                          | Olio minerale                  |
| Raffreddamento                                   | ONAN / ONAF                    |
| PEI (+ potenze raffreddamento) come da norma CEI | $\geq 0,99696$                 |
| Livello di pressione sonora (solo trafo)         | $\leq 55$ dB (A)               |
| Esecuzione                                       | Per esterno                    |
| Materiali Isolatori                              | Porcellana                     |

Tabella 5 – Caratteristiche trasformatore AT/MT

L'Appaltatore dovrà valutare se prevedere, se necessario, per il lato MT del trasformatore AT/MT (connessione a triangolo) la formazione del neutro mediante trasformatore a zig-zag adeguatamente dimensionato tale da offrire un'impedenza equivalente che limiti la corrente di guasto entro valori prescritti dal Gestore di Rete. Le perdite massime del trasformatore, sia a carico che a vuoto, dovranno essere conformi alla Direttiva 2009/125/CE che ne fissa i limiti.


Il trasformatore dovrà essere dimensionato per resistere alle sollecitazioni conseguenti alla brusca messa in servizio con tensione pari al  $1,10 \cdot V_r$  di presa, con il commutatore sotto carico (CSC) in qualsiasi posizione.

Il trasformatore dovrà essere progettato e costruito in modo da resistere alle sollecitazioni elettrodinamiche conseguenti a qualsiasi cto-cto. polifase ai terminali MT. Dovranno, inoltre, rispondere ai requisiti della Norma CEI EN 60076-5, considerando  $P_{cc} = \infty$  (della rete a monte).

Il nucleo dovrà essere del tipo a tre colonne, a giunti intercalati con gioghi superiori e inferiori realizzati secondo la tecnica step-lap.

I lamierini saranno isolati in Carlite (o altro isolante equivalente) su ambo i lati ed accuratamente sbavati, a bassa cifra di perdita, assemblati in modo da escludere anomali riscaldamenti localizzati e tali da garantire una distribuzione di flusso il più uniforme possibile.

Il nucleo dovrà presentare, se necessario, canali di raffreddamento tali da garantire una efficace circolazione dell'olio isolante all'interno del pacco. I pacchetti elementari costituenti il nucleo dovranno essere preferibilmente ponticellati in modo da garantire l'equipotenzialità (EQP.) degli stessi. Il nucleo magnetico, l'armatura e gli schermi magnetici od elettrici, se presenti, saranno isolati fra di loro; il collegamento galvanico tra ciascuno di essi e la cassa dovrà essere effettuato in un solo

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>31 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

punto, da sistemare nella parte superiore del nucleo, per mezzo di corde di Cu isolate di sezione adeguata, comunque non inferiore a 90 mm<sup>2</sup>.

Le connessioni suddette dovranno essere riportate su coperchio a mezzo di idonei passanti facilmente identificabili e collegati al coperchio della cassa a mezzo di opportuni collegamenti scollegabili. Eventuali convogliatori di flusso magnetico disperso montati sulla cassa, dovranno essere messi a terra, ciascuno in un sol punto, mediante connessione sezionabile realizzata come poco sopra descritto.

Le armature pressa pacco dovranno essere dimensionate in modo tale da resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche del nucleo che si creano sia durante il normale funzionamento che durante eventi transitori anomali. La struttura dovrà inoltre essere adeguatamente dimensionata per non subire deformazioni meccaniche nel corso del trasporto e in caso di sollevamento del nucleo avvolto.

I singoli avvolgimenti e le colonne dovranno essere realizzati con geometria, vincoli, tecniche e procedimenti di assemblaggio ed isolamento tali da assicurare nel tempo la stabilità della forma e la tenuta dielettrica. Il sistema di pressatura dovrà essere realizzato in modo tale da garantire la costanza della compressione assiale nel tempo. I materiali isolati utilizzati dovranno avere elevate caratteristiche meccaniche quali:

- Cartogeno precompresso ad alta resistenza per spaziatori, stecche, cilindri, etc.;
- Stratificati di legno, incollato con resine termoisolanti, per gli anelli di estremità, anelli di ammassaggio, piastre e blocchi di pressione, etc.


Gli avvolgimenti AT dovranno essere realizzati con conduttori di Cu elettrolitico (UNI EN 13605) ad invecchiamento controllato ed isolati con carta di pura cellulosa. Saranno costruiti in modo tale che tutte le sovratensioni si ripartiscono lungo di essi in modo lineare (tipo disco interavvolto parziale o totale). L'isolamento dovrà essere uniforme. La regolazione della tensione dovrà avvenire nel centro stella e la costruzione dell'avvolgimento relativo dovrà essere particolarmente curato soprattutto dal punto di vista delle sollecitazioni elettrodinamiche. Gli avvolgimenti MT saranno del tipo ad elica e dovranno essere realizzati preferibilmente con cavo trasposto isolato con carta di pura cellulosa, con le piattine elementari isolate in smalto eventualmente cementate con resina epossidica. Non si escludono avvolgimenti ad elica realizzati in "cordex". L'isolamento dovrà essere uniforme.

La cassa dovrà essere idonea a sostenere, senza perdite d'olio o deformazioni permanenti, una sovrappressione statica sul fondo cassa a 200 kPa. Lo spessore della piastra inferiore del cassone dovrà essere  $\geq 25$  mm La cassa deve essere sagomata in modo da non dare luogo a ristagni d'acqua o di olio all'esterno ed a tasche di gas all'interno e dimensionata per consentire il trasporto dei Trasformatori AT/MT piena d'olio.

La tenuta fra le giunzioni deve essere realizzata mediante guarnizione alloggiata in apposita sede ed atta a resistere all'olio caldo.

La cassa deve essere munita di piastre adatte per il montaggio di ruote di scorrimento a profilo ferroviario con scartamento di 2230 mm e deve consentire l'appoggio dei martinetti di sollevamento:



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>32 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

l'appoggio dei martinetti di sollevamento deve essere tale da consentire di sollevare il Trasformatore AT/MT completo in assetto di servizio e pieno d'olio; ciò al fine di poter effettuare il montaggio e la rotazione delle ruote nella movimentazione dei Trasformatori AT/MT in impianto. La cassa dei Trasformatori AT/MT, completa di conservatore e connessa al sistema di raffreddamento, dovrà essere in grado di funzionare come autoclave sottovuoto, alla pressione assoluta di 133 Pa, anche in assenza d'olio. Dovrà essere previsto un boccaporto di ispezione in prossimità del selettore del CSC con larghezza di almeno 600 mm ed altezza tale da consentire l'ispezione completa del selettore.

Il conservatore dovrà essere diviso in due parti separate, una per la dilatazione dell'olio della cassa dei Trasformatori AT/MT ed una per la dilatazione dell'olio e lo sfogo dei gas del vano interruttore del CSC (Commutatore Sotto Carico).

La parte di conservatore destinata all'espansione dell'olio, dovrà essere dotata di una sacca in tessuto gommato che garantisca la separazione fisica fra aria e olio.

La capacità dovrà essere in grado di contenere la variazione di volume dell'olio tra le temperature di  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $85^{\circ}\text{C}$ .

### 2.8.2 Apparecchiature AT


**Gli scaricatori di tensione** ad ossido di zinco dovranno essere in grado di garantire livelli di protezione richiesti, di assorbire l'energia associata alle diverse tipologie di sovratensioni e di sopportare la tensione di servizio continuo, in assenza di fenomeni di fuga termica per la vita stimata dell'apparecchio anche in presenza di scariche parziali all'interno del dispositivo. Dovranno rispettare le prescrizioni ENEL DY 59/1 e conformi alla norma IEC 60099-4.

Le principali caratteristiche sono:

- Tensione della rete: 132 kV (max 145 kV)
- Tensione servizio continuo: 94 kV
- Max tensione temporanea 1 s: 132 kV
- Max tensione residua con impulsi atmosferici (10 kA – 8/20  $\mu\text{s}$ ): 336 kV
- Max tensione residua con impulsi fronte rapido (10 kA – 1  $\mu\text{s}$ ): 386 kV
- Max tensione residua con impulsi manovra (30/60  $\mu\text{s}$ ): 1000A:270 kV
- Classe di scarica della linea (IEC): 3
- Corrente nominale di scarica: 10 kA
- Corrente di cresta impulsi forte corrente: 100 kA
- Corrente nominale di corto circuito: 40 kA
- Basi isolate e dispositivo conta scariche su ciascuna fase

**Le prestazioni dei TA** dovranno essere compatibili con i sistemi di misura/protezione/controllo, al fine di garantire il corretto utilizzo dei TA in tutte le condizioni di esercizio previste.



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>33 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

La terna di trasformatore di corrente dovrà essere del tipo per installazione all'esterno e conforme alle normative IEC 61869-1 e IEC 61869-2, nonché alle prescrizioni Terna. Dovrà essere conforme alle prescrizioni ENEL DY 34 e DY 35.

Il trasformatore di corrente dovrà essere isolato in olio. Esso dovrà prevedere i nuclei con le caratteristiche riportate in tabella:

|          | I <sub>pn</sub> [A] | I <sub>sn</sub> [A] | Potenza [VA] | Classe | FS  |
|----------|---------------------|---------------------|--------------|--------|-----|
| Nucleo 1 | Project-based       | 5                   | 10           | 0,2s   | ≤ 5 |
| Nucleo 2 | Project-based       | 5                   | 10           | 0,2    | ≤ 5 |
| Nucleo 3 | Project-based       | 5                   | 10           | 5P     | 30  |
| Nucleo 4 | Project-based       | 5                   | 10           | 5P     | 30  |

Tabella 6 – Specifiche TA

**Gli interruttori AT tripolari** dovranno essere conformi alla Norma CEI 17-1 e alla IEC 62271-100. Dovranno essere comandabili sia localmente (in fase di prova), sia a distanza (in fase di servizio). L'armadio di comando dell'interruttore sarà dotato di un "commutatore scelta servizio" a chiave a due posizioni (servizio/prova) e di pulsanti di comando chiusura/apertura.

Dovrà essere un interruttore in SF<sub>6</sub>. Gli interruttori dovranno avere sequenza operativa nominale del tipo O-0,3s-CO-3min-CO. L'interruttore tripolare dovrà rispettare i requisiti inerenti alle seguenti classi:

- durata meccanica: classe M2 (10000 sequenze operative)
- durata elettrica: classe E1
- commutazione di corrente capacitiva: classe C2

Il supporto dell'interruttore dovrà essere realizzato in acciaio zincato a caldo.

Il quadro di controllo dell'interruttore dovrà essere realizzato in alluminio, spessore delle pareti almeno pari a 3 mm, e con grado di protezione almeno IP55.

Le principali caratteristiche sono:

- Tensione nominale: 132 kV
- Tensione massima: 170 kV
- Frequenza nominale: 50 HZ
- Corrente limite di funzionamento permanente sbarre: 2000 A
- Corrente di breve durata: 31,5 kA (1 s)
- Tensione nominale alim. ausiliari: 110 Vcc

**I trasformatori di tensione induttivi** dovranno avere prestazioni compatibili con i sistemi di misura/protezione/controllo, al fine di garantire il corretto utilizzo dei TV in tutte le condizioni di esercizio previste. Il trasformatore di tensione induttivo dovrà essere del tipo per installazione all'esterno e conforme alle normative IEC 61869-1 e IEC 61869-2, nonché alle prescrizioni Terna. Dovrà essere conforme alle prescrizioni ENEL DY 48. Il trasformatore dovrà essere isolato in olio. Il trasformatore dovrà rispettare le caratteristiche riassunte in tabella.

|              | Rapporto di trasf. Nom.          | Potenza [VA] | Classe     |
|--------------|----------------------------------|--------------|------------|
| 1° avv. sec. | $V_{AT} / \sqrt{3}:100/\sqrt{3}$ | 10           | 0,2s (UTF) |
| 2° avv. sec. | $V_{AT} / \sqrt{3}:100/\sqrt{3}$ | 10           | 0,2        |
| 3° avv. sec. | $V_{AT} / \sqrt{3}:100/\sqrt{3}$ | 20           | 3P         |
| 4° avv. sec. | $V_{AT} / \sqrt{3}:100/3$        | 20           | 3P         |

Tabella 7 – Specifiche TV-I

$V_{AT}$  indica la tensione nominale lato Alta Tensione.

Le seguenti prestazioni andranno rispettate:

- Prestazione max. simultanea: 40 VA cl. 0,2 m – 60 VA cl. 3P
- Potenza termica max. ammissibile: 1000 VA (totale)


**I sezionatori AT tripolari orizzontali** dovranno essere con lame di terra, e conforme alle prescrizioni ENEL DY 17. Dovrà avere comando motorizzato delle lame principali e comando manuale per le lame di messa a terra. I sezionatori, del tipo per installazione all'esterno, dovranno essere provvisti di meccanismi di manovra a motore e manuali e dovranno essere conformi alla Norma CEI EN 60129. Essi saranno previsti con comando tripolare ed armadio di comando unico per i tre poli (tripolare), predisposto per l'interfacciamento con il Sistema di Protezione e Controllo della stazione (comandi, segnali e alimentazioni). L'armadio dovrà contenere un "commutatore scelta servizio" in grado di assumere tre posizioni (Servizio/Prova/Manuale), che abiliteranno rispettivamente i comandi remoti, quelli locali (tramite i pulsanti di chiusura/apertura posti negli armadi di comando) e le operazioni manuali (tramite apposita manovella o leva di manovra). I sezionatori combinati con lame di terra dovranno essere dotati di un dispositivo di interblocco meccanico diretto che consenta la manovra delle lame di terra solo con sezionatore di linea aperto e la manovra del sezionatore di linea solo con lame di terra aperte.

Le principali caratteristiche sono:

- Tensione nominale: 132 kV
- Tensione massima: 170 kV
- Frequenza nominale: 50 HZ
- Corrente limite di funzionamento permanente sbarre: 2000 A
- Corrente di breve durata: 31,5 kA (1 s)
- Tensione nominale alim. ausiliari: 110 Vcc

### 2.8.3 Cavi AT

Per i cavi AC in Alta Tensione, la norma di riferimento per la progettazione e realizzazione è la CEI 11-17 (ultima versione). La linea elettrica sarà costituita da una terna in cavo unipolare, posata in tratte con lunghezze analoghe, separate da buche giunti in cui sarà effettuato anche il collegamento delle guaine metalliche trasposto "crossbonding" degli schermi.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>35 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

Il cavo unipolare dovrà essere fornito e installato considerando una lunghezza, (ad entrambe le estremità) opportuna e adeguata al rifacimento completo di un almeno terminale. a titolo indicativo, compatibilmente con le possibilità del sito, si ritiene congrua una ricchezza non inferiore a metri 5. Il cavo dovrà essere realizzato prevedendo lungo il suo percorso un adeguato numero di buche giunti, dimensionate adeguatamente in larghezza e profondità. In fase di progettazione esecutiva il dovrà essere fornita la procedura di esecuzioni dei giunti. La tipologia di cavo scelto per l'impianto in oggetto è con conduttore in alluminio a corda rigida rotonda compatta tamponata. Tra il conduttore e l'isolante e tra l'isolante e lo schermo metallico sono interposti strati di semiconduttore estruso, con fasciature semiconduttive XLPE. L'isolante principale è costituito da XLPE, ad alto modulo elastico. Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnato disposti secondo un'elica unidirezionale con nastro equalizzatore di rame non stagnato; è ammessa la presenza di eventuale nastro non igroscopico.


#### **2.8.4 Gruppo elettrogeno**

Il quadro di bassa tensione dedicato ai servizi ausiliari dovrà essere predisposto in modo tale da permettere il collegamento di un Gruppo Elettrogeno di Emergenza (portatile) con caratteristiche tecniche riportate qui sotto:

- tipologia alimentazione elettrica: trifase, BT;
- potenza: < 25kW
- installazione: da definire in base alle caratteristiche del sito;
- carburante per alimentazione: diesel;
- tipologia GE: silenziato;
- autonomia: 8 ore;
- rumore a 7 metri: < 69 dB.

Per quanto riguarda le caratteristiche del quadro, fare riferimento a quanto già esplicitato nel paragrafo relativo al quadro BT della CU.

Il pannello di controllo del Gruppo Elettrogeno dovrà essere alimentato sotto UPS. Il quadro del GE dovrà essere integrato nel sistema SCADA per monitorare i principali parametri (corrente assorbita, autonomia).

|   |                            |                     |
|---|----------------------------|---------------------|
|  | ID Documento Committente   | Pagina<br>36 / 106  |
|   |                            | Numero<br>Revisione |
|   | <b>H_054_FV_ 00042_BGR</b> | 00                  |

## 2.9 OPERE DI CABLAGGIO

I cavi di potenza e quelli di controllo dovranno essere selezionati dal trattista in accordo alle norme e alle leggi vigenti.

In particolare, tutti i cavi selezionati dovranno rispettare le seguenti caratteristiche:

- “Non-flame propagation” (in accordo alle norme IEC 60332-1 e IEC 60332-3);
- “Non-fire propagation” (in accordo alle norme IEC 60332-1 e IEC 60332-3);
- “Fire resistance” (in accordo alla norma IEC 60331);
- “Low emission of toxic gas and corrosive gas” (in accordo alla norma IEC 60754);
- “Low emission of opaque smoke” (in accordo alla norma IEC 61034)

Se richiesto dalla documentazione progettuale specifica, i cavi dovranno anche essere “Hydrocarbon resistance” (in accordo alla norma IEC 60811) o resistenti a specifici stress ambientali. In linea generale, i cavi dovranno essere in alluminio al fine di limitare i possibili furti.

Per quanto riguarda i cavidotti che ricadono all’interno dell’area di proprietà della committente dovranno essere previsti in caso di giunti dei pozzetti di ispezione di idonee dimensioni.


I cavi MT e i cavi di segnali e controllo dovranno essere forniti con tutte le specifiche richieste delle norme IEC. I cavi MT dovranno essere dimensionati per funzionare più di 8 ore con una fase a terra. La guaina dei cavi dovrà essere di categoria A, in accordo alla norma IEC 60322, per quanto riguarda la propagazione delle fiamme. I conduttori dovranno avere come sezione minima, a seconda dell’applicazione e del materiale di cui sono costituiti:

| Tipologia di applicazione  | Rame                 | Alluminio           |
|--|----------------------|---------------------|
| Cavi MT  | 35 mm <sup>2</sup>   | 70 mm <sup>2</sup>  |
| Cavi DC per la connessione dai pannelli                          | 4.0 mm <sup>2</sup>  | 6.0 mm <sup>2</sup> |
| Cavi in AC per la connessione degli inverter distribuiti alle CU | 80.0 mm <sup>2</sup> | 120 mm <sup>2</sup> |
| Cavi di potenza dalle batterie all’UPS                           | 25 mm <sup>2</sup>   | 40 mm <sup>2</sup>  |
| Cavi di potenza BT (alimentazione ausiliari)                     | 2.5 mm <sup>2</sup>  | 4 mm <sup>2</sup>   |
| Cavi di illuminazione BT   | 2.5 mm <sup>2</sup>  | 4 mm <sup>2</sup>   |
| Cavi di controllo e segnale                                      | 1.5 mm <sup>2</sup>  | 2.5 mm <sup>2</sup> |

*Tabella 8 – Sezioni minime dei cavi elettrici di potenza*


Tutti i cavi in DC dovranno essere dimensionati per avere una tensione minima di 1.500 V.

I cavi elettrici dovranno essere forniti in accordo alla normativa della CE Regolamento UE 05/2011. In ogni caso, verranno rispettate nel presente progetto le caratteristiche minime richieste per i cavi BT e dei cavi MT in funzione del loro tipo di utilizzo e applicazione.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>37 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

| Cavi BT  | Caratteristiche  | Isolante  | Materiale guaina esterna                            |
|--|--|---|---|
| Collegamento tra moduli e inverter   | Flame retardant<br>Low emission of toxic gas and corrosive gas<br>Low emission of opaque smoke<br>Low emission of halogens (HCl)<br>Resistance to thermal stress<br>U.V. Resistant<br>Ozone Resistance | LSOH in accordo a EN 50618  | LSOH in accordo a EN 50618                          |
| Carichi vitali   | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Low emission of toxic gas and corrosive gas fumes (non-toxic - halogen-free – LSOH).<br>Fire resistant<br>Fire retardant                            | HEPR qualità <b>G18</b><br>(standard CEI)                         | Guaina in elastomeri <b>M16</b><br>(standard CEI).  |
| <b>Cabine (senza presenza continua di personale)</b><br>- Illuminazione normale e di emergenza<br>- Distribuzione di alimentazione<br>- Quadri, trasformatori, etc.<br>interconnessioni di alimentazione e di segnali e controllo.                                       | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Fire reaction   | HEPR qualità <b>G16</b><br>(standard CEI)<br><br>PVC qualità S17  | Guaina in PVC qualità <b>R16</b><br>(standard CEI). |
| <b>Edifici civili e cabine con presenza continua di personale:</b><br>- Illuminazione normale e di emergenza<br>- Alimentazione <b>Sistema indoor nelle switchrooms:</b><br>- Quadri, trasformatori, etc.<br>interconnessioni di alimentazione e di segnali e controllo. | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Low emission of toxic gas and corrosive gasfumes (non-toxic - halogen-free – LSOH).<br>Fire retardant   | HEPR qualità <b>G16</b><br>(standard CEI)<br><br>LSOH qualità G17 | LSOH qualità <b>M16</b><br>(standard CEI).          |
| Rete di terra  | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Fire reaction   | PVC qualità S17   |   |

Tabella 9 – Caratteristiche dei cavi BT

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>38 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

| Cavi MT  | Caratteristiche   | Isolante                               | Materiale guaina esterna                |
|--|---|--|---|
| <b>Cabine (senza presenza continua di personale)</b><br>Alimentazione outdoor, quadri indoor, trasformatori, etc, interconnessioni di alimentazione. | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Fire reaction  | HEPR qualità <b>G7</b> (standard CEI)  | Guaina in PVC                           |
| <b>Cabine (con presenza continua di personale)</b><br>Alimentazione outdoor, quadri indoor, trasformatori, etc, interconnessioni di alimentazione.   | Non-flame propagation.<br>Non-fire propagation.<br>Low emission of toxic gas and corrosive gas fumes (non-toxic - halogen-free – LSOH).<br>Fire retardant | HEPR qualità <b>G26</b> (standard CEI) | LSOH qualità <b>M16</b> (standard CEI). |

Tabella 10 – Caratteristiche dei cavi MT

I cavi saranno identificati tramite l'uso di diversi colori, in accordo alle normative di riferimento, in base alla loro funzione. Nel caso in cui la normativa di riferimento non specifichi un colore, sarà utilizzata la codifica presentata nella tabella sottostante.

| Cavi BT multipolari |                      |              |
|---------------------|----------------------|--------------|
| Numero di poli      | Colore dell'isolante |              |
| 2                   | Fase                 | Nero         |
|                     | Neutro               | Azzurro      |
| 3                   | L1                   | Marrone      |
|                     | L2                   | Nero         |
|                     | L3                   | Grigio       |
| 3+N                 | L1                   | Marrone      |
|                     | L2                   | Nero         |
|                     | L3                   | Grigio       |
|                     | Neutro               | Azzurro      |
| 3+PE                | L1                   | Marrone      |
|                     | L2                   | Nero         |
|                     | L3                   | Grigio       |
|                     | PE                   | Giallo/Verde |
| Cavi di controllo   |                      | Nero         |

Tabella 11 – Colori cavi multipolari BT

| <b>Cavi BT unipolari</b>       |  |
|--------------------------------|--|
| <i>Funzione del conduttore</i> | <i>Colore dell'isolante</i>                |
| Fase L1                        | Marrone                                    |
| Fase L2                        | Nero                                       |
| Fase L3                        | Grigio                                     |
| Neutro                         | Azzurro                                    |
|                                |  |
| Polo positivo DC               | Rosso (contrassegnato con indicazione “+”) |
|                                |  |
| Polo negativo DC               | Nero (contrassegnato con indicazione “-”)  |
|                                |  |
| Cavo di messa a terra          | Giallo/Verde                               |

*Tabella 12 – Colori cavi unipolari BT*

La guaina esterna dovrà essere applicata sopra l'armatura, qualora presente. I cavi per le applicazioni outdoor dovranno essere forniti con questa guaina esterna.

La guaina esterna dovrà essere del colore elencato nella tabella sottostante, in base al tipo di applicazione:

| <b>Tipo di cavo o utilizzo</b>                             | <b>Colore della guaina esterna</b> |
|--|------------------------------------|
| Cavi MT con tensione nominale $U_0/U$ fino a 18/30 (36) kV | Rosso                              |
| Cavi in AC con tensione nominale fino a 0,6/1 (1,2) kV     | Nero                               |

*Tabella 13 – Colori guaine esterne cavi*


La guaina esterna dei cavi dovrà essere goffrata con i seguenti dettagli:

- nome del produttore, livello di tensione, standard nazionali, numero di poli, sezione e anno di produzione;
- la lista completa dovrà essere goffrata ad intervalli regolari non superiori ad un metro, per l'intera lunghezza del cavo;
- la dimensione dei caratteri della goffratura non dovrà essere inferiore ai 5 mm; inoltre, le lettere dovranno essere stampate in stampatello maiuscolo.

### **2.9.1 Requisiti installativi dei cavi**

La progettazione delle condutture, (percorsi cavi, materiali utilizzati per le condutture) dovrà garantire la massima protezione meccanica e il minimo danneggiamento dei cavi.

Ogni cavo dovrà essere dotato di opportuna marchiatura per una facile identificazione e dovrà essere permanentemente installata sul componente ed in maniera sicura e indelebile.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>40 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

Dovranno essere posizionati in maniera tale da risultare facilmente leggibile dopo che il componente è stato installato in situ.

Tutti i cavi saranno bloccati o fascettati tra loro ad intervalli regolari, sia se posati orizzontale che in verticale.

Le fascette utilizzate dovranno essere di materiale resistente alla corrosione.

I cavi fuori terra dovranno essere fissati per evitare che siano danneggiati durante la costruzione dello scavo.

I cavi nei passaggi aerei dovranno essere facilmente visibili e/o essere provvisti di barriere protettive.

I cavi posati direttamente nel terreno saranno posati su un letto di sabbia preventivamente preparato.

Le modalità di posa dovranno avvenire tramite utilizzando tutte le attrezzature omologate e delle necessarie precauzioni dettate dal costruttore del cavo, in modo da evitare qualsiasi tipo di danno.

L'Appaltatore per le operazioni di posa del cavo dovrà utilizzare attrezzature idonee allo scopo, costruite ed utilizzate in modo da non danneggiare il cavo e soprattutto il suo isolamento.

Sarà severamente vietato trascinare i cavi a terra, su pareti, mensole, ecc.

Per l'installazione dei connettori a compressione dovranno essere utilizzati tenaglie, presse e matrici che soddisfano i requisiti dei costruttori dei connettori.

Durante la posa di cavi l'appaltatore sarà tenuto a rispettare i seguenti requisiti:


- le bobine devono essere maneggiate con cura in modo che possano essere restituite in buone condizioni;
- entrambe le estremità del cavo dovranno essere controllate prima di essere svolti per confermare che sono sigillati con tappi in materiale termoretraibile o piombo. Se il tappo risulterà danneggiato, la Committente potrà chiedere la sostituzione della sezione del cavo danneggiato;
- ogni eventuale anomalia dovrà essere immediatamente comunicata;
- le estremità dei cavi recisi dopo il taglio dovranno essere subito protette con tappi in materiale termorestringente. E' severamente vietato l'uso di materiali ferrosi (chiodi, filo di ferro, bar) per fissare le estremità dei cavi alla bobina: in caso di cortocircuiti causati da danni allo strato di isolamento, la Società si riserva il diritto di rivalersi contro l'Appaltatore;
- i cavi dovranno essere utilizzati nel miglior modo possibile per ridurre al minimo gli sprechi;
- i cavi non dovranno essere sottoposti a improvvisa piegatura, ammaccature, graffi o stiramento della guaina.

## 2.10 UPS

Le Conversion Unit, le Cabine di Raccolta, la Control Room e le sottostazioni AT/MT, saranno dotate di un sistema con banchi di batterie per alimentare i carichi di sicurezza degli impianti e dimensionati per un'autonomia di 2h. Il sistema UPS, di tipo statico, dovrà alimentare i seguenti carichi vitali:

- sistema antincendio (centralina monitoraggio e componenti);
- sistema di supervisione, monitoraggio e controllo;



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>41 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- sistema di videosorveglianza e antintrusione;
- sistema di illuminazione minima di sicurezza richiesta all'interno degli edifici.
- carichi ausiliari Conversion Unit, carichi ausiliari quadri elettrici MT e quadri elettrici BT.

La lista soprastante si intende indicativa e non esaustiva. Sarà obbligo dell'Appaltatore definire la lista completa dei carichi vitali e dimensionare di conseguenza l'UPS.

I sistemi UPS dovranno avere comunque la seguente taglia minima:

- UPS Conversion Unit Potenza (kVA)  $\geq 5$  kVA
- UPS cabina di raccolta e Control Room Potenza (kVA)  $\geq 15$  kVA
- UPS cabina di MT sottostazione Potenza (kVA)  $\geq 15$  kVA

L'UPS dovrà garantire la regolazione permanente della tensione e della frequenza di uscita. Il by-pass automatico interverrà immediatamente in caso di sovraccarico o guasto per garantire l'alimentazione continua dei servizi.

L'UPS sarà dimensionato sulla base dei seguenti parametri:


- l'elenco dei carichi rilevanti per il quadro di distribuzione;
- dati relativi ai carichi, come:
  - potenza nominale (kVA o kW);
  - fattore di potenza capacitivo o induttivo;
  - corrente di avviamento (se applicabile);
  - autonomia (ore) secondo il diagramma di carico;
  - tipo di carichi.

Il sistema UPS sarà destinato all'alimentazione di tutti i sistemi critici di sicurezza che non possono tollerare perdite di potenza o cali di tensione, come i quadri elettrici di controllo, i circuiti ausiliari e di comando dei quadri elettrici e i carichi di sicurezza.

Lo schema scelto per l'UPS consiste in un singolo raddrizzatore/inverter (1x100%), batterie non ridondanti (1x100%). Ogni sistema a raddrizzatore/inverter singolo deve contenere le seguenti apparecchiature principali:

- trasformatore di isolamento in ingresso,
- raddrizzatore/caricabatteria alimentazione fornita dalla rete elettrica,
- batterie,
- inverter,
- interruttore statico,
- interruttore manuale di by-pass.
- Trasformatori di isolamento in uscita.

L'UPS deve essere dimensionato in modo tale che per una variazione della tensione di ingresso del +10%, la tensione del carico vari al massimo del +2%. Ogni UPS è inoltre dotato di una linea di by-pass dell'inverter e di un pannello di distribuzione CA integrato, per alimentare il numero di utenze

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>42 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

richiesto. Il pannello di distribuzione in CA non integrato può essere fornito separatamente per le Conversion Unit.

Ogni unità raddrizzatore/inverter deve essere progettata per la potenza complessiva e per l'autonomia richiesta. In caso di guasto di un'unità o in condizioni anomale, l'altra unità raddrizzatore/inverter dovrà alimentare il carico totale senza interruzioni. Ogni raddrizzatore fornirà l'energia all'inverter associato e caricherà anche il suo banco di batterie. Se non diversamente specificato nelle specifiche di progetto, il contenuto armonico totale di tensione (THDu) dell'alimentazione esterna deve essere conforme a quanto indicato nella classe 2 (8%) della norma IEC 61000-2-4.

Il THDu della tensione di uscita non deve superare il seguente valore:

- 3% con carico lineare;
- 5% con carico non lineare con fattore di cresta massimo 3:1.

Il contenuto armonico totale della corrente assorbita (THDi) da ciascun circuito non deve superare il 12%. I dispositivi intelligenti devono essere collegati al sistema SCADA tramite bus seriale (TCP/IP MODBUS o IEC 61850). L'indicazione della modalità di funzionamento e dei guasti del sistema di inverter dell'UPS sarà monitorata da un sistema di allarme installato sulla parte anteriore del pannello. È prevista anche la possibilità di inviare gli allarmi a distanza.

La disposizione dell'UPS, delle apparecchiature e dei componenti, deve essere tale da essere facilmente visibile per l'ispezione e facilmente accessibile per i controlli e le prove dalla parte anteriore.

La progettazione dell'UPS deve essere tale da ridurre al minimo il tempo medio di riparazione (MTTR) grazie all'uso di funzioni di autodiagnosi e monitoraggio, con schede di controllo rimovibili chiaramente etichettate. In tutti i casi, il MTTR dovrà essere inferiore a 4 ore.

L'involucro dell'UPS sarà costruito secondo un progetto meccanico, con involucro e livello di protezione conformi alle disposizioni della norma IEC 61439.

Se non diversamente indicato nelle D.T.S., saranno garantiti i seguenti gradi di protezione:


- IP 2XC: aperture per l'aria
- IP 3X: superfici orizzontali e verticali
- IP 2X: diaframmi interni

I cavi possono essere inseriti nell'involucro dell'UPS dal basso se non diversamente specificato.

Ciò può essere ottenuto mediante piastre rimovibili o, se necessario, con pressacavi o altri sistemi di tenuta.

Le piastre per i cavi unipolari (ad esempio per l'alimentazione) saranno di materiale non magnetico.

Le batterie di accumulo devono essere del tipo al piombo (simbolo Pb-Ca). Le batterie devono essere del tipo con regolazione a valvola: VRLA per Pb-Ca. Le batterie saranno installate in rack per batterie e saranno alloggiate in un locale dedicato alle batterie dotato di due unità di ventilazione ambientale

|   |                           |  |                     |
|---|---------------------------|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente  |  | Pagina<br>43 / 106  |
|   | <b>H_054_FV_00042_BGR</b> |  | Numero<br>Revisione |
|   |                           |  | 00                  |

al 100% EX-db IIC T3. Se specificato, il rack dovrà essere antisismico di dimensioni corrette per la zona sismica specificata. Si potranno installare unità di ventilazione non ATEX, solo dopo che l'fornisca evidenza alla Committente che le batterie selezionate non creino atmosfere potenzialmente esplosive nella sala dove verranno installate. Il collegamento tra la batteria e i relativi raddrizzatori avverrà attraverso una scatola di isolamento della batteria (battery cut off) dotata di contattore di isolamento e interruttore automatico. Il dimensionamento della batteria sarà definito dal fornitore in base al profilo di carico e al tempo di scarica fornito dall'Appaltatore, ma tenendo conto dell'autonomia minima richiesta nel presente documento. Se nella sala batterie è installato un sistema di ventilazione forzata, deve essere previsto un interblocco con i sistemi UPS per arrestare (o inibire) la carica di boost quando il sistema di ventilazione non è in funzione.

L'interruttore/sezionatore DC sarà situato all'interno del locale batterie con esecuzione Ex-db IIC T3. Si potrà valutare l'installazione di un interruttore/sezionatore DC non in esecuzione ATEX, solo dopo che il PROGETTISTA/APPALTATORE fornisca evidenza alla Committente che le batterie selezionate non creino atmosfere potenzialmente esplosive nella sala dove verranno installate.


La funzione dell'interruttore/sezionatore DC è quella di proteggere le batterie e di scollegarle dall'UPS principale. Le batterie saranno utilizzate per effettuare il black start dell'UPS. Dal Pannello fronte quadro dell'UPS (display in alternativa) sarà possibile ripristinare il collegamento delle batterie dopo lo spegnimento. Il banco batterie completo, ogni singolo monoblocco e i componenti devono essere dimensionati in conformità ai riferimenti normativi pertinenti. Il dimensionamento delle batterie al piombo acido regolate da valvole (VRLA) deve essere conforme alla norma IEEE 485 "Recommended practice for sizing lead-acid batteries for stationary applications".

La capacità nominale della batteria sarà definita dal Progettista/Appaltatore in base ai valori di corrente, tensione di scarica e tempo di scarica e temperatura di riferimento. Le batterie elettriche devono essere dimensionate sulla base del profilo di carico della batteria. La capacità di cui sopra deve essere definita anche tenendo conto delle condizioni operative, che devono essere garantite per tutta la durata convenzionale della batteria. Per sviluppare il dimensionamento della batteria si dovrà tenere conto di un margine di progettazione del 10% e di un fattore di invecchiamento delle stesse del 25%.

## 2.11 CONTATORI FISCALI

L'impianto includerà un adeguato numero di contatori. In particolare, dovranno essere previsti nelle seguenti posizioni:

- ogni Conversion Unit sarà dotata di un contatore lato Bassa Tensione;
- la Cabina di Raccolta avrà un contatore per ogni arrivo linea dalle Conversion Unit e per la linea di alimentazione dei carichi ausiliari;
- nel punto di consegna con la rete si dovrà prevedere un contatore di scambio.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>44 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

I contatori di produzione non fiscali dovranno ugualmente avere un'accuratezza al pari dei contatori di misura. I contatori dovranno essere connessi al sistema SCADA (cavo Ethernet) e sistema di telelettura attraverso modem GSM. I contatori dovranno essere provvisti di antenna ad alto guadagno per la telelettura. I contatori di produzione devono avere trasformatori di misura con accuratezza fiscale (sigla UTF).

## 2.12 RETE DI TERRA

Il sistema di messa a terra dovrà essere progettato per le seguenti finalità:

- messa a terra di funzionamento dei sistemi elettrici (se necessario);
- protezione contro i contatti diretti e indiretti;
- protezione contro l'accumulo di cariche elettrostatiche;
- protezione contro i fulmini.

Nei luoghi con pericolo di esplosione o di incendio (se presenti), devono avere, inoltre, lo scopo di chiudere l'anello di guasto e/o di convogliare a terra le eventuali correnti di dispersione con modalità tali da evitare il formarsi di scintille o surriscaldamenti che possono provocare l'innesco di esplosioni o incendi. La progettazione dell'impianto di terra dovrà tener conto delle specificità dell'area in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico, dell'eventuale presenza della sottostazione di alta tensione AT e delle possibili interazioni con l'eventuale impianto di terra esistente. Il sistema di messa a terra sarà progettato e realizzato in accordo alle disposizioni imposte dalla normativa CEI vigente in materia.

L'impianto di terra potrà essere realizzato attraverso collegamenti equipotenziali alle barre di terra a cui verranno collegati i conduttori di terra e i conduttori di protezione PE degli impianti elettrici.


Si dovrà garantire che la resistenza di terra delle tubazioni metalliche per fluidi che possono portare alla formazione di cariche elettrostatiche, installate in aree pericolose, in modo da evitare la formazione di correnti pericolose.

Le varie parti metalliche, non esposte a parti in tensione, come ad es. le porte, le finestre, ecc. non dovranno essere collegati al sistema equipotenziale.

Le cabine prefabbricate dovranno essere già fornite di barre di messa a terra da poter collegare ai conduttori equipotenziali.

Le apparecchiature elettriche verranno messe a terra come segue:

- strutture dei quadri: alla sbarra PE del quadro elettrico;
- trasformatori: all'anello di terra della cabina;
- strutture di sostegno (tracker/fisse): parti metalliche messa a terra tramite conduttore PE di sezione minima pari a 10 mm<sup>2</sup>.
- motore a bassa tensione (se presente): carcassa collegata all'impianto di terra mediante un conduttore PE. Tale conduttore può essere già presente all'interno cavo dell'alimentazione del motore stesso collegato al PE del quadro;
- dispositivi di illuminazione: le parti metalliche dei porta lampada collegati al sistema di messa a terra tramite il conduttore PE all'interno del cavo di alimentazione;

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>45 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

serbatoi e tubazioni: saranno collegati al sistema di messa a terra tramite idonea connessione bullonata;

- armatura dei cavi: al conduttore PE del quadro (schermo e armatura) su entrambe le estremità.

Per tutte le cabine elettriche sarà realizzato sul fondo un anello principale di messa a terra costituito da una barra di rame, protetta contro l'ossidazione, di sezione equivalenti non inferiore a 50 mm<sup>2</sup>. Il valore esatto della sezione equivalente dell'anello sarà generato a seguito di un calcolo e dimensionamento dell'impianto di terra. L'anello principale delle cabine dovrà essere collegato all'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico almeno in 2 punti.

In generale la protezione dai contatti indiretti dovrà essere assicurata dall'installazione nei singoli circuiti terminali di dispositivi differenziali coordinati con l'impianto di terra.

### **2.12.1 Installazione dei conduttori di messa a terra**

Dovrà essere installato un numero adeguato di barre collettatrici di terra.

Generalmente i conduttori di terra seguiranno gli stessi percorsi dei cavi di potenza e di illuminazione all'interno di canaline e/o tubi protettivi.

La sezione del conduttore di protezione all'interno del cavo di alimentazione BT sarà:

- della stessa sezione per sezione del conduttore di fase fino al 16 mm<sup>2</sup>;
- 16 mm<sup>2</sup> per conduttori tra i 25 mm<sup>2</sup> e 35 mm<sup>2</sup>;
- la metà della sezione dei conduttori di fase per i cavi con sezione superiore a 35 mm<sup>2</sup>.

Tutti i cavi dovranno essere dimensionati per la massima corrente di guasto a terra possibile e andrà prodotta la documentazione di calcolo.

Gli stessi criteri verranno utilizzati per il dimensionamento dei cavi di messa a terra del neutro o le barre delle macchine elettriche (generatori e trasformatori). A tale proposito dovranno essere applicate le pertinenti norme CEI (o IEC).

### **2.12.2 Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche**

L'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche dovrà essere installato se necessario, in accordo con le norme tecniche e la normativa vigente.


In assenza di tali riferimenti normativi e/o altrimenti specificato nella documentazione di progetto, la necessità di tale impianto dovrà essere determinata, progettata ed installata in accordo con la norma IEC 62305.

Ove necessario, dovranno essere previsti sistemi di protezione diretti (LPS) o indiretti (SPD).

### **2.12.3 Impianto di terra SSU**

L'impianto di terra sarà progettato e realizzato in accordo alla norma IEC 61936-1.

Dovrà essere realizzato presso la Sottostazione Elettrica Utente un impianto di terra costituito da maglia interrata di conduttori in rame, opportunamente dimensionati e tra loro distanziati per garantire

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>46 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

la migliore equipotenzialità del sito. La maglia di terra della Sottostazione Elettrica Utente sarà progettata e realizzata con adeguato infittimento e adeguata sezione delle corde di rame, avvalorato da opportuno studio di dimensionamento.


Le apparecchiature e le strutture metalliche della SSEU saranno connesse all'impianto di terra mediante conduttori in rame di opportuno diametro e in modo opportuno da limitare i disturbi elettromagnetici.

In corrispondenza del cabinato MT sarà realizzato un anello perimetrale esterno di corda di rame dal quale saranno derivate le cime emergenti che saranno portate nei vari locali. La sezione minima della corda in rame nuda dovrà essere non inferiore a 50 mm<sup>2</sup>. I collegamenti tra i conduttori costituenti la maglia saranno effettuati mediante morsetti a compressione in rame; i collegamenti delle cime emergenti ai sostegni delle apparecchiature ed alle strutture metalliche degli edifici saranno realizzati mediante capocorda e bullone.

La maglia di terra sarà completata con dispersori intenzionali costituiti da tondini in Cu aventi sezione minima 120 mm<sup>2</sup>, fino a raggiungere una profondità di almeno 1,5 m. Vi saranno, inoltre, dispersori "operativi" o "super-dispersori" costituiti da tubi in acciaio zincato a caldo del diametro di almeno 1"½, profondi 3 m che serviranno ad avere una maggiore superficie disperdente, da collocare nei punti dove si rileverà una peggiore qualità del terreno.

In corrispondenza dei dispersori saranno utilizzati prodotti a base salina per migliorare la resistività del terreno. Per quanto riguarda la disposizione dei dispersori orizzontali, nel rispetto della norma CEI EN 50522, si adotteranno le seguenti prescrizioni:

- saranno inglobati in terra leggermente costipata;
- pietre o ghiaietto non saranno in contatto diretto con i dispersori interrati;
- il terreno locale, se dannoso per il metallo costituente il dispersore, sarà sostituito da un adatto materiale di riempimento.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>47 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

### 3 STAZIONI METEO

#### 3.1 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare i dati climatici e i dati di irraggiamento sul campo fotovoltaico necessari per la corretta valutazione delle performance d'impianto FV.

I parametri rilevati dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno puntualmente inviati al sistema di monitoraggio SCADA e, abbinati alle specifiche tecniche del campo FV, contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto FV.

I materiali e i componenti devono essere progettati per garantire la massima affidabilità e disponibilità. Il FORNITORE dovrà indicare la durata prevista dei materiali, ipotizzando una manutenzione conforme alle raccomandazioni del FORNITORE stesso. Qualsiasi proposta di miglioramento e/o alternativa sarà presa in considerazione, purché si dimostri che la proposta è in linea con le funzionalità e le prestazioni richieste in questa specifica.

Se non diversamente indicato nel presente documento, il sistema di monitoraggio e strumentazione deve essere conforme ai requisiti e alle raccomandazioni della norma IEC 61724-1:2021.

Questa specifica non include i dispositivi e i sensori richiesti dall'operatore elettrico della rete.

#### 3.2 DESCRIZIONE GENERALE

I sistemi di monitoraggio devono essere distribuiti intorno all'intero sito fotovoltaico in modo che i loro dati portino a una rappresentazione ragionevole delle condizioni meteorologiche dell'impianto fotovoltaico.

Per poter effettuare una corretta valutazione delle prestazioni dell'impianto, i valori di irraggiamento misurati in campo, così come tutti i restanti valori climatici, devono essere adeguatamente valutati.


I dati ambientali acquisiti, insieme ai dati di targa dell'impianto, devono essere utilizzati in conformità

alle disposizioni della norma IEC 61724 per la valutazione delle prestazioni dell'impianto.

I dati ambientali complessivi da monitorare sono:

- dati di irraggiamento sul piano orizzontale e sul piano del modulo FV (pirometri, celle di riferimento). Nel caso di utilizzo di moduli fotovoltaici bifacciali è richiesta la misura dell'irraggiamento sul backsheet;
- temperatura dei moduli
- sporcizia dei moduli;
- temperatura ambiente;
- velocità del vento
- direzione del vento;
- precipitazioni;



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>48 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- umidità dell'aria.

I dati meteorologici saranno rilevati attraverso strumenti installati su un apposito palo di sostegno o sul tetto di una Conversion Unit o direttamente sulle strutture del modulo.

Questi dispositivi devono essere posizionati sul campo in modo da essere:

- in posizione baricentrica;
- posizionati in modo da rilevare valori il più possibile vicini alle condizioni reali del campo;
- non influenzati da aspetti ambientali esterni che possono influenzare la misurazione (ombre, riparo dal vento, fonti termiche come quelle degli inverter o delle apparecchiature elettriche, ecc.);
- facilmente collegabili alle cabine dotate di infrastrutture di telecomunicazione.
- da non creare ombreggiamenti sui moduli vicini

Sia per i sistemi ad angolo di inclinazione fisso che per quelli ad inseguimento, i sensori di irraggiamento devono essere posizionati allo stesso angolo di inclinazione dei moduli, direttamente sulle strutture di montaggio o su un braccio di estensione mantenuto allo stesso angolo di inclinazione dei moduli. Nel caso di sistemi a inseguimento, il sensore di irraggiamento deve essere fissato alle strutture dei moduli. È inoltre necessario rispettare i diversi azimut.

Tutti i dati raccolti devono essere inviati al sistema di monitoraggio SCADA e quindi elaborati per calcolare i valori di produzione previsti.

Tutti i dati misurati saranno acquisiti dal sistema di monitoraggio tramite il protocollo MODBUS TCP.

La classe di precisione dei dispositivi adottati deve essere Classe I.

Le apparecchiature per il rilevamento dei dati meteorologici, dovendo operare sempre all'aperto, devono offrire un'adeguata resistenza alle condizioni climatiche più estreme, in modo da garantirne il pieno funzionamento.

Se diversamente specificato in questa specifica o nei documenti di progetto, l'apparecchiatura dovrà essere in grado di operare nell'intervallo minimo di temperatura di  $-40 \div 80$  °C.


### 3.3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA E DEI DISPOSITIVI RICHIESTI

Nei paragrafi successivi sono descritte le apparecchiature che compongono il sistema di monitoraggio meteorologico: i sensori meteo di campo, la stazione meteorologica e altre apparecchiature speciali.

#### 3.3.1 Sensori meteo di campo

I sensori meteo di campo saranno costituiti da:

- n.2 celle di riferimento installate sul piano del campo;
- n.1 piranometro installato sul piano del campo;
- n.2 sistema di rilevamento della temperatura del modulo (sensore di temperatura sul retro del modulo);
- cavi e accessori per una corretta installazione.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>49 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

### **3.3.2 Stazione meteorologica centrale**

La stazione meteorologica centrale è composta da:

- n.1 piranometro/albedometro (nel caso di impianti bifacciali) installato sul piano orizzontale (componente Stazione meteorologica centrale);
- n.1 misuratore di temperatura ambiente (componente Stazione meteorologica centrale);
- n.1 misuratore di velocità e direzione del vento (componente Stazione meteorologica centrale);
- n.1 sistema di rilevamento delle precipitazioni (componente Stazione meteorologica centrale);
- n.1 sistema di rilevamento dell'umidità dell'aria (componente Stazione meteorologica centrale);
- Data logger; con possibilità di selezionare diversi protocolli di comunicazione come Modbus TCP/IP o RS485, ecc;
- Dispositivi di interfaccia;
- Dispositivi di memorizzazione dei dati;
- Cavi e dispositivi di montaggio necessari.

### **3.3.3 Attrezzature speciali**

Le attrezzature speciali sono costituite da:

- n.1 sistema ottico di monitoraggio dello sporco senza manutenzione per ogni 10 MWp
- n.1 sistema compatto e automatizzato di inseguitori solari (nel caso di impianti FV con inseguitori).

### **3.3.4 Requisiti minimi per impianti fotovoltaici**

Si raccomanda di installare una stazione meteorologica completa ogni 25 MWp.


Per il rilevamento adeguato dei dati meteorologici, il PROGETTISTA/APPALTATORE dovrà fare riferimento, in termini di dispositivi da installare, alla serie standard di sensori meteorologici definiti nel documento MO.5.PO.IEN.RINN.1.R03 – (CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE di IREN Green Generation Tech s.r.l.).

### **3.3.5 Requisiti di protezione meccanica e tropicalizzazione**

I sensori di campo e la strumentazione/dispositivi da installare all'esterno devono essere certificati almeno IP65.

I dispositivi all'interno degli edifici devono avere un grado di protezione minimo IP42. Le schede installate all'interno dei pannelli possono avere un grado di protezione IP30.

La tropicalizzazione dei componenti elettronici è richiesta secondo gli standard del FORNITORE e in base alle condizioni ambientali della sede del progetto.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>50 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

### **3.3.6 Protocolli di comunicazione**

I dati saranno acquisiti dal sistema di monitoraggio tramite MODBUS TCP su Ethernet o, in alternativa, potrà essere utilizzato il protocollo MODBUS RTU su RS-485, successivamente convertito in MODBUS TCP per l'acquisizione dei dati.

Tutti i sensori ambientali installati, siano essi parte della stazione meteorologica centrale o distribuiti sul campo, se non acquisiti direttamente dalla RTU, dovranno avere un Datalogger specifico per l'acquisizione, la memorizzazione e la trasmissione dei dati. I dispositivi di rilevamento meteorologico dovranno disporre di uno specifico web server con funzioni di data-logging appositamente progettato per l'archiviazione e l'invio dei dati rilevati.

Per ulteriori informazioni sull'acquisizione dei segnali, consultare il capitolo 12 Criteri generali di progettazione del sistema di monitoraggio e supervisione.


Il sistema di monitoraggio deve includere un sistema di visualizzazione anche tramite Web Server.

### **3.3.7 Memorizzazione dei dati**

I dati devono essere inviati al sistema di monitoraggio e, successivamente, al server da remoto ad intervalli non superiori di 30 secondi.

I dati letti da ogni strumento devono essere elaborati in tempo reale, per consentire la visualizzazione in tempo reale dei parametri ambientali, per poi essere elaborati e analizzati dal sistema per la generazione di allarmi o avvisi automatici, in modo da consentire un intervento tempestivo da parte del personale di manutenzione.

Dovrà essere garantita una conservazione dei dati di almeno 1 mese in assenza di alimentazione ordinaria.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>51 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

## 4 SISTEMA DI MONITORAGGIO E SUPERVISIONE

### 4.1 GENERALE

Il Sistema SCADA dovrà essere progettato per la gestione, acquisizione, controllo e monitoraggio dei dati dell'intero impianto fotovoltaico. La progettazione dovrà soddisfare in primo luogo i requisiti di monitoraggio e di identificazione di guasto o malfunzionamenti che potrebbero portare al fuori servizio dell'intero impianto, o parte di questo con conseguente perdita di produzione.

Il Sistema dovrà essere progettato per una valutazione puntuale e costante della condizione dell'impianto, in accordo allo standard IEC 61724, al fine di rilevare deviazioni dai valori ottimali di produzione di energia dell'impianto fotovoltaico.

I dati raccolti da ogni singolo dispositivo dovranno essere comunicati al PLC/RTU e inviati al sistema del server remoto esistente del COMMITTENTE con una cadenza temporale nell'ordine di secondi ( $\leq 30$  secondi).

I server del sistema SCADA dovranno essere in grado di archiviare i dati gestiti per almeno l'intera vita utile dell'impianto stesso. I server dei dispositivi di data logging del sistema SCADA dovranno poter archiviare i dati per un determinato periodo fissato (almeno un mese).


### 4.2 ARCHITETTURA SISTEMA SCADA

Il sistema SCADA dovrà essere composto da:

- stazione per l'Operatore (ove presente)
- server di tipo industriale (ove presente);
- sistemi di comunicazione (server, web-server, gateways, switch programmati, ecc.);
- controller (PLC/RTU) compatibili con i sistemi di monitoraggio remoto della COMMITTENTE;
- sistemi di storicizzazione dei dati;
- modulo di alimentazione;
- HMI;
- cablaggio per l'interconnessione tra le cabine elettriche (cabine di trasformazione MT/BT, cabine di raccolta);
- stampanti;
- firewall per collegamenti di comunicazione verso l'esterno.

L'interfaccia dovrà essere costituita da dispositivi di campo, consistenti in schede elettroniche di acquisizione dati (input) installate nelle string box, nelle unità di controllo dei tracker (ove presenti), inverter, pannelli di controllo e unità di controllo dei dati ambientali.

I bus di comunicazione dovranno essere di tipo seriale. Attraverso i bus di I/O i valori di output sono convertiti verso il PLC/RTU, che processerà i dati in accordo alle logiche e strategie dell'impianto fotovoltaico.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>52 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

La comunicazione tra i nodi principali del sistema SCADA (switch e main switch) dovrà avvenire mediante rete in fibra ottica, disposto in una configurazione ad anello. I cavi in fibra ottica dovranno essere utilizzati per la rete di comunicazione dell'impianto fotovoltaico.

Gli switch forniti dovranno controllare l'anello di fibra ottica e la sua ridondanza. Tutti gli switch dovranno essere alimentati sotto UPS.

Il CONTRATTISTA EPC sarà responsabile di assicurare un accurato time stamping, incluso di accurata codifica del segnale GPS, accurata sincronizzazione del clock del sistema SCADA con il segnale GPS, una rilevazione di variazioni di stato e accurato valore del clock del sistema SCADA per il time stamp dei dati.

### 4.3 INTEGRAZIONE SISTEMA SCADA

Il sistema SCADA dovrà essere adeguatamente dimensionato per gestire segnali aggiuntivi provenienti da possibili ampliamenti dell'impianto fotovoltaico originale. Il sistema SCADA dovrà essere compatibile con il server remoto del COMMITTENTE.


### 4.4 FUNZIONI SISTEMA SCADA

Il sistema SCADA dovrà monitorare/controllare i parametri dell'impianto relativi alle Conversion Unit, alla Cabina di raccolta MT e alla Sottostazione elettrica d'utenza (se presente) attraverso l'acquisizione di dati in tempo reale, storicizzazione dei dati e valutazione delle performance in conformità con le norme IEC 61724 e la CEI 82-25 (dove applicabile).

Il sistema SCADA dovrà garantire almeno le seguenti funzioni/funzionalità implementate all'interno di RTU/PLC:

- monitoraggio continuo di variabili analogiche e digitali dell'impianto fotovoltaico (acquisizione dati);
- massimizzare l'efficienza dell'impianto nel corso del suo ciclo vita (Supervisione);
- controllo continuo di processi analogici;
- flessibilità nella configurazione per espansioni legate a future necessità dell'impianto;
- controllo di tutte le duty units attraverso semplici comandi dell'operatore;
- dispositivi per start-up e stand-by automatici.

I PLC/RTU all'interno delle Conversion Unit, delle cabine di raccolta e alla Sottostazione elettrica d'utenza (se presente) dovranno contemporaneamente e costantemente eseguire data logging, archiviando i dati su lato DC, su lato AC e su tutti i sottosistemi del campo. I PLC/RTU dovranno acquisire i dati via protocollo TCP, mediante switch dedicati che raccolgano tutti i segnali della Conversion Unit. Qualora questi segnali non dovessero essere direttamente disponibili in protocollo TCP, sarà possibile l'utilizzo del protocollo Modbus RTU su bus seriale EIA RS-485 e poi convertire il segnale in Modbus TCP. Tutte le comunicazioni con i relè delle protezioni MT e AT dovranno avvenire mediante standard IEC 61850 o in alternativa mediante protocollo Modbus TCP. Il

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>53 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

CONTRATTISTA EPC dovrà fornire una lista Modbus in un formato compatibile con il modello fornito dalla COMMITTENTE.

Le tecnologie più recenti sul mercato dovranno essere utilizzate. I componenti hardware, firmware e software del sistema dovranno essere industrializzati e non prototipi, con una lista di applicazioni referenziate for sistemi simili. I componenti software, firmware e hardware del sistema dovranno essere compatibili con:

- sistemi di monitoraggio della COMMITTENTE
- requisiti di cyber security della COMMITTENTE

La progettazione industriale dovrà fornire almeno quanto segue:

- hot swappable power supply con ridondanza;
- hot swappable fans con ridondanza;
- schede di comunicazione ridondanti, adeguate ed affidabili (ad esempio CPU duale a 64-bit, RAM espandibile, ridondanza RAID, two storage SSD hard disks).

Il server dovrà garantire specifiche di ridondanza come power supply e hot swappable hard disk drive con ridondanza, e queste dovranno permettere scalabilità e possibilità di aggiornamento per soddisfare richieste opzionali della COMMITTENTE, come per esempio sistemi di salvataggio dati ridondanti.


La stazione di osservazione dello SCADA dovrà permettere una completa visione, analisi, reporting e diagnosi di guasti, reset dei guasti e controllo degli inverter.

La postazione di lavoro dello SCADA dovrà essere equipaggiata con una stampante adeguata alla stampa di report generati dal sistema SCADA.

#### 4.5 FUNZIONI DI MONITORAGGIO E SUPERVISIONE

Di seguito si riportano i principali dispositivi di input/output che il sistema SCADA dovrà monitorare.

- monitoraggio stringhe;
- monitoraggio inverter;
- monitoraggio trasformatori MT/BT;
- monitoraggio trasformatore AT/MT;
- misurazione energia;
- status allarmi;
- misure parametri ambientali;
- comunicazione remota;
- FACP;
- impianto videosorveglianza e antintrusione;
- protezioni MT;
- protezioni AT;

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>54 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- quadri BT;
- UPS;
- gruppo Elettrogeno;
- sistema HVAC;
- trackers (ove presenti);
- sottostazione Utente (AT/MT)

Tutti i dati energetici misurati dovranno essere storicizzati nel database del RTU database (sistema SCADA) ed inviati ad un server remoto della COMMITTENTE per garantire un'archiviazione definitiva. L'RTU dovrà acquisire i dati attraverso il sistema Modbus TPC o protocollo IEC 62056-21.

#### 4.6 FUNZIONI DI CALCOLO

Tutti i dispositivi devono inviare al sistema SCADA i dati necessari al calcolo dei seguenti parametri:

- scarti tra le performance attuali e quelle attese dal modello in termini di potenza [kW] ed energia [kWh];
- energia giornaliera [kWh];
- energia mensile [kWh];
- energia annua [kWh];
- energia totale [kWh];
- performance ratio dell'impianto su scala giornaliera, mensile e annua;
- emissioni equivalenti di CO<sub>2</sub>;
- eventuali altri dati concordati tra la COMMITTENTE ed il CONTRATTISTA EPC;
- grafici comparativi tra energia giornaliera supposta ed effettiva;
- grafici comparativi tra energia mensile supposta ed effettiva;
- energia totale annua e mensile prodotta in dettaglio;
- energia prodotta per ciascun inverter su scale giornaliera, mensile e annua.


Tutti i parametri sopra indicati dovranno essere visibili in sito, sui singoli dispositivi e in maniera remota.

#### 4.7 PRINCIPALE INTERFACCIA DEL SISTEMA SCADA

Il sistema SCADA deve essere in grado di interfacciarsi con i seguenti elementi, basati sulla configurazione dell'impianto fotovoltaico:

- sottostazione AT;
- sistemi di sicurezza;
- sistema di monitoraggio del meteo (WMS);
- FACP;
- Power Plant Controller (PPC – sistema utilizzato solo per impianti connessi in rete);
- stazione di videosorveglianza.



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>55 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

#### 4.8 POWER PLANT CONTROLLER


Nel locale MT della SSU dovrà essere installato un Power Plant Controller (PPC) al fine di permettere la regolazione dell'impianto fotovoltaico.

Il PPC dovrà essere interfacciato con:

- Il gestore di rete;
- Tutte le RTU dell'impianto fotovoltaico.

Tutti i componenti del monitoraggio remoto utili allo scambio di dati con il Gestore di Rete, inclusi gli switch e i firewall dovranno essere forniti e configurati dal CONTRATTISTA EPC in accordo con i requisiti tecnici del Codice di Rete.

L'Appaltatore può proporre una soluzione diversa da quella riportata nel progetto definitivo purché essa rispetti i criteri generali riportati nella specifica sopra citata.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>56 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

## 5 SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA ED ANTINTRUSIONE

### 5.1 TVCC DI CAMPO

Il sito dovrà essere dotato perimetralmente di telecamere termiche dotate di sistema di motion detection, montate sui pali lungo la recinzione, ed orientate in modo da coprire l'intero perimetro senza zone buie. All'interno dell'area dell'impianto dovranno essere montate telecamere mobili di tipo dome con visione notturna a infrarossi.

Dovrà essere predisposta control room ospitante server e apparecchiature di controllo.

Per ogni cabinato dovranno essere predisposti i seguenti dispositivi di videosorveglianza:

- 1 telecamera esterna per il controllo delle porte d'accesso del cabinato;
- 1 contatto fine corsa per ciascuna porta d'accesso del cabinato;
- 1 sensore volumetrico interno che monitori le porte d'accesso.

Ogni palo dovrà prevedere un quadro telecamera da cui derivare i cavi di segnale e alimentazione delle telecamere. Potranno essere previste due opzioni:

- cavo di segnale e cavo di alimentazione separati: cavo Ethernet per il segnale e cavo in rame per l'alimentazione delle telecamere;
- cavo unico per segnale e alimentazione con la soluzione PoE;

I quadri telecamera dovranno avere almeno protezione IP67 e adeguato sistema di scarica delle sovratensioni atmosferiche, correttamente connesso all'impianto di terra del campo fotovoltaico.

Dovrà essere prevista una doppia distribuzione nel campo fotovoltaico:

- una distribuzione in fibra ottica che colleghi i quadri telecamere con il rack CCTV da prevedere nel cabinato Control Room;
- una distribuzione in Bassa Tensione per l'alimentazione dei quadri telecamera in rame, da alimentare mediante il Quadro Ausiliari BT delle Conversion Unit;


Nel cabinato Control Room dovrà essere previsto un rack CCTV, alimentato da Quadro Ausiliari della Cabina di Raccolta MT, su cui centralizzare i segnali delle telecamere e dei dispositivi installati nell'area dei cabinati. Il sistema dovrà poter essere monitorabile da remoto. Nel locale Control Room dovrà essere installato una postazione PC con numero adeguato di monitor per il monitoraggio locale del sistema CCTV. Il sistema di videosorveglianza dovrà essere alimentato sotto UPS. L'Appaltatore può proporre una soluzione diversa da quella riportata nel progetto purché essa rispetti i criteri generali riportati in questo paragrafo.

### 5.2 TVCC DI SSU

Per la SSU dovranno essere previste termocamere perimetrali, eventualmente dotate di infrarossi per il funzionamento nelle fasce orarie notturne, adeguatamente posizionate per non avere angoli ciechi.


Per i cabinati in SSU andranno previste le seguenti apparecchiature:

- 1 telecamera esterna per il controllo delle porte d'accesso del cabinato;
- 1 contatto fine corsa per ciascuna porta d'accesso del cabinato;

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>57 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- 1 sensore volumetrico interno che monitori le porte d'accesso.

Andrà prevista una centrale di raccolta allarme ed un rack di centralizzazione video, entrambe opportunamente installati all'interno dei cabinati situati in SSU. Su richiesta della Committente, i segnali di allarme andranno integrati nel sistema SCADA di SSU.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>58 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

## 6 SICUREZZA

La sicurezza in tutte le fasi operative del cantiere deve essere perseguita attraverso tutti gli strumenti individuati dal D. Lgs. 9 Aprile 2008, n.81 “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro” e ss.mm.ii. Le fasi operative svolte in cantiere, le fasi critiche del processo di costruzione e tutte le misure da adottare per ridurre e prevenire i rischi di lavoro devono essere riportate nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) e nel Fascicolo tecnico dell’opera.

I contenuti minimi dei piani di sicurezza e coordinamento nei cantieri sono individuati nell’allegato XV del D. Lgs. 9 Aprile 2008, n. 81.

### 6.1 ALLESTIMENTO DEL CANTIERE

L’intera area di cantiere dovrà essere delimitata con adeguata e solida recinzione con l’individuazione del punto di accesso dotato di cancello carraio e adeguata segnaletica di cantiere.


Un’area a parte dall’area di cantiere, in posizione nord, dovrà essere dedicata al piazzale di cantiere tale da garantire un agevole accesso ai mezzi di cantiere.

Sull’intera area adibita a piazzale di cantiere dovrà realizzarsi uno scotico di spessore tale da eliminare il primo strato di coltre vegetale; il terreno rimosso deve essere stoccato in sito per poter essere nuovamente collocato in loco per poter restituire l’area nelle stesse condizioni antecedenti all’installazione del cantiere. In seguito alla rimozione della coltre vegetale e ad una adeguata compattazione del fondo scavo mediante l’utilizzo di mezzi consoni alla natura del terreno, dovrà disporsi un tessuto non tessuto, adeguatamente sovrapposto di 30 cm longitudinalmente e trasversalmente, con successiva realizzazione degli strati di misto granulare naturale, disposto a strati di spessore non superiore ai 30 cm, adeguatamente compattato.

Gli strati di misto granulare naturale dovranno essere costituiti da elementi durevoli esenti da componenti instabili (gelivi, solubili, idrofile...) e da resti vegetali; è ammesso l’impiego di materiali frantumati ottenuti come materiale riciclato ottenuto dalla lavorazione di macerie da demolizione; NON è ammesso l’utilizzo di misto granulare di fiume o inerti con forma appiattita, allungata o lenticolare.

Il piazzale di cantiere coprirà una superficie di circa 2500 m<sup>2</sup> e dovrà includere all’interno:

- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x2.5 m per il servizio di guardiania
- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x5.0 m per il Committente
- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x2.5 m per il Direttore Lavori ed il Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione
- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x2.5 m per l’impresa
- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x2.5 m ad uso spogliatoio e servizi igienici
- Un prefabbricato di dimensioni di circa 6.0x2.5 m ad uso refettorio
- Un container di dimensioni di circa 6.0x2.5 m ad uso deposito apparecchiature e materiali per le attività elettriche
- Un container di dimensioni di circa 6.0x2.5 m ad uso deposito apparecchiature e materiali per le attività meccaniche
- Un container di dimensioni di circa 3.0x2.5 m ad uso magazzino manutenzione
- Un’area destinata ai materiali in approvazione (container da 40’)
- Un’area destinata ai materiali non conformi (container da 40’)

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>59 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- Un'area destinata a deposito bobine di cavo e corrugati (circa 500÷700 m<sup>2</sup>)
- Un'area destinata a deposito inverter, e materiali in pallet o cassoni (cavetterie, minuterie metalliche, ...) (circa 300 m<sup>2</sup>)
- Un'area destinata a deposito pallet dei moduli fotovoltaici (circa 100 m<sup>2</sup>/MW)
- Un'area parcheggio mezzi

Le aree di deposito possono essere posizionate in piazzali dedicati qualora non sia possibile disporli nel piazzale di cantiere ma deve essere realizzata un'adeguata e solida recinzione con l'individuazione del punto di accesso dotato di cancello carraio tale da garantire un agevole accesso ed una adeguata sorveglianza.

Per le opere in carpenteria metallica del campo non necessita l'individuazione di un'area specifica per il deposito in quanto verranno distribuite man mano sull'area del campo per la pronta messa in opera.

Tutti gli impianti (energia elettrica, adduzione acqua potabile e scarichi e fognature, rete di terra) ed i relativi allacciamenti dovranno essere individuati, destinando una specifica zona all'eventuale posizionamento della fossa biologica (qualora non sia possibile l'allaccio alla fognatura esistente), facilmente accessibile ai mezzi per la pulizia e lo spurgo della stessa.

A lavori ultimati si dovrà provvedere al ripristino dello stato dei luoghi.

## 6.2 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE


L'organigramma del personale previsto in cantiere dovrà essere previsto nel Piano di Sicurezza e Coordinamento e successivamente concordato tra Appaltatore e Committente in fase di apertura del cantiere.

Sarà inoltre necessario prevedere la redazione e la gestione di:

- piano di esecuzione getti (con particolare riguardo a quelli massivi)
- sistema di archiviazione e gestione delle bolle di fornitura di tutti i materiali utilizzati per la realizzazione dei manufatti oggetto della presente specifica tecnica con particolare riguardo ai conglomerati cementizi, alle barre di armatura da cemento armato, agli elementi in carpenteria metallica, ai materiali che presentano caratteristiche di resistenza al fuoco al fine di consentire l'immediata e facile individuazione del manufatto di competenza/utilizzo.

L'Appaltatore dovrà fornire prima dell'inizio dei lavori:

- cronoprogramma lavori con pianificazione risorse;
- pianificazione acquisti materiali diretti;
- carichi di lavoro con ore previste.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>60 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

## 7 SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI

### 7.1 ATTIVITÀ DI PREPARAZIONE SITO E MOVIMENTI TERRA

Prima dell'inizio lavori, si dovrà procedere all'individuazione, con riferimento agli elaborati del progetto esecutivo, delle aree interessate dalle opere e precisamente:

- Le aree interessate dalla localizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- Le aree interessate dalla localizzazione degli inverter e delle relative fondazioni;
- Le aree interessate dalla localizzazione delle strutture delle cabine di raccolta e trasformazione e delle relative fondazioni.

Si dovrà pertanto procedere alla materializzazione dei picchetti di tracciamento delle opere sopracitate e ad indicare con opportune modine i limiti della viabilità di accesso.

Preliminarmente all'esecuzione dei lavori si dovrà procedere alla ricerca ed al tracciamento dei sottoservizi nell'area interessata.

Lungo il percorso dello scavo l'appaltatore deve segnalare e picchettare la presenza di infrastrutture (quali fognature, gas, acqua, linee telefoniche, etc.), ed eseguire sempre a suo carico ove necessario, sondaggi per accertare se vi siano o meno ostacoli, opere o condutture di altri servizi per rilevarne, se presenti, la loro posizione al fine di evitarli o seguirli in fase di scavo.

Tutte le aree sulle quali insisteranno le nuove fondazioni dovranno essere sgomberate e preparate mediante la totale asportazione del terreno vegetale fino al piano di posa delle fondazioni, il quale dovrà risultare il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.


Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato, se ritenuto idoneo, per la realizzazione dei successivi riempimenti; quello in eccesso dovrà essere trattato come indicato nel piano preliminare di riutilizzo delle terre e rocce da scavo.

Quando lo scavo interessi sedi stradali, l'appaltatore ha l'obbligo di garantire, la viabilità provvisoria, pedonale e carrabile mediante idonee passerelle metalliche che dovranno essere rimosse solo a rinterro avvenuto.

Qualora sia necessario realizzare l'abbassamento della falda freatica dovranno prevedersi mezzi di aggotamento tipo Well-Point, consistente nell'infissione di aghi fenestrati collegati a mezzo di un collettore ad un impianto aspirante; in casi particolari si potrà ricorrere alla realizzazione di pozzi drenanti che, forniti di idonee pompe aspiranti, provvederanno ad abbassare la quota della falda circostante; tali attività dovranno essere previste in un elaborato progettuale a firma di un tecnico abilitato. Le acque provenienti e conseguenti ai lavori saranno scaricate nelle vasche o nel collettore più vicino, avendo particolare cura di eliminare prima, ogni materiale in sospensione che decantando provochi l'intasamento, anche parziale, delle strutture/impianti; in ogni caso tali acque non dovranno mai interessare, anche indirettamente, terreni o beni di proprietà privata senza la preventiva autorizzazione e, a lavori ultimati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla pulizia dei condotti utilizzati per lo smaltimento delle acque pompate.

### 7.2 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

Le demolizioni e rimozioni, sia parziali che complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue parti, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o disturbo.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>61 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

In particolare, dovrà porsi particolare attenzione su:

- Analisi e verifica dell'opera da demolire per valutarne la consistenza, lo stato di conservazione, la natura, la tecnica costruttiva onde poter definire compiutamente le fasi di demolizione, i relativi mezzi d'opera e l'impiego del personale adeguatamente formato ed informato;
- Analisi delle caratteristiche delle attrezzature, dei DPI che dovranno avere in dotazione il personale presente in cantiere;
- Analisi delle delimitazioni delle aree oggetto di demolizione e divieto assoluto di accesso al personale non autorizzato alle zone oggetto di demolizione;
- Analisi degli impianti esistenti e procedure per l'interruzione delle erogazioni
- Analisi sulle fasi di allontanamento dei materiali di risulta affinché non si verifichino confusi accatastamenti, sovraccarichi e pressioni pericolose su strutture orizzontali e verticali.

### 7.3 ESECUZIONE DI RILIEVI ED INDAGINI IN SITO

Rilievi ed indagini da realizzare prima dell'esecuzione del progetto esecutivo:

- Indagini Georadar, finalizzate all'individuazione di eventuali anomalie e/o interferenze nel sottosuolo;
- Prelievo dei campioni finalizzato alla caratterizzazione chimica mediante analisi (terre e rocce da scavo);
- Analisi tecnica e strumentale finalizzata alla valutazione del rischio bellico.

### 7.4 OPERE STRUTTURALI

Sono previste le seguenti opere strutturali:

- Realizzazione di Tracker metallici di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- Realizzazione di platee in calcestruzzo armato, con relativo magrone, a supporto delle fondazioni prefabbricate della Cabina di Raccolta, della Control Room e del Magazzino;
- Realizzazione di vasche di fondazione in calcestruzzo armato, con relativi magroni, a supporto delle cabine prefabbricate costituenti le Cabine di Trasformazione.


### 7.5 DEFINIZIONE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le fondazioni delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici saranno di tipo indiretto pali infissi nel terreno.

Per la posa dei cabinati prefabbricati in calcestruzzo costituenti la Cabina di Raccolta e la Control Room si prevedono delle platee di fondazione in calcestruzzo armato gettato in opera dell'altezza di 20 cm, sulle quali verranno installate delle vasche prefabbricate in calcestruzzo di altezza 70 cm. Per la posa dei cabinati metallici costituenti le Cabine di Trasformazione, si prevede una vasca di fondazione in calcestruzzo armato gettato in opera dell'altezza totale di 150 cm (inclusa la platea), comprendente una vasca di raccolta olio di profondità 100 cm.

Per garantire un'adeguata resistenza, le aree sulle quali insistono i carichi potrebbero necessitare di uno strato di rilevato strutturale (aggregato inerte di taglia da definirsi) o della rimozione dello strato superficiale vegetale. Possibili interventi in tal senso saranno argomento di ulteriori valutazioni in



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>62 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

fase di ingegneria.

Tutte le opere saranno esaustivamente illustrate in ogni loro dettaglio sui disegni esecutivi che saranno forniti in tempo utile per la realizzazione dei manufatti oggetto dell'appalto. Il professionista incaricato della redazione del progetto esecutivo dall'Appaltatore fornirà prima della esecuzione dei manufatti:

- Relazioni e tabulati di calcolo;
- Tavole di carpenteria filo cassero calcestruzzo;
- Tavole di armatura;
- Tavole di dettaglio (posizione tubazioni da annegare nei getti, allacci alla rete di terra, smusso degli spigoli, ecc...);
- Tavole di carpenteria metallica (tracciamento e rappresentazione delle dime dei tirafondi, delle scatole di taglio, dei vani di appoggio, ecc...).

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato facenti parte dell'opera appaltata, ma non progettati dalla Committenza, saranno eseguiti in base ai calcoli di stabilità e resistenza accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione, che dovranno essere redatti e firmati da un ingegnere, iscritto all'albo, e che l'Appaltatore dovrà presentare alla DL entro il termine che gli verrà prescritto, attenendosi agli schemi e disegni facenti parte del progetto ed allegati al contratto o alle norme che gli verranno impartite, a sua richiesta, all'atto della consegna dei lavori.

L'Appaltatore, al fine di verificare la rispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo alle caratteristiche di progetto prefissate, dovrà prevedere e successivamente far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle Normative cogenti e dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi richiesti dal Direttore dei Lavori o dal Collaudatore in base a motivate esigenze tecniche. Le prove saranno normalmente eseguite in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura.

L'Appaltatore dovrà definire la manodopera, le attrezzature e la predisposizione di eventuali opere provvisorie in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento e il trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove, nonché i costi di esecuzione di queste ultime s'intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali. Le prove previste dalle Normative Cogenti dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati ai sensi dell'art. 20 della Legge 1086/71.


## 7.6 DEFINIZIONE DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Le strutture in elevazione a sostegno dei moduli fotovoltaici saranno realizzate in carpenteria metallica in acciaio al carbonio.

Le strutture in elevazione delle Cabine di Trasformazione saranno di tipo metallico prefabbricate.

Le strutture in elevazione della Cabina di Raccolta, della Control Room e del Magazzino saranno prefabbricate in conglomerato cementizio armato precompresso.

Tutte le opere saranno esaustivamente illustrate in ogni loro dettaglio sui disegni esecutivi che saranno forniti in tempo utile per la realizzazione dei manufatti oggetto dell'appalto. Il professionista

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>63 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

incaricato della redazione del progetto esecutivo dall'Appaltatore fornirà prima della esecuzione dei manufatti:

- Relazioni e tabulati di calcolo
- Tavole di carpenteria filo cassero calcestruzzo
- Tavole di armatura
- Tavole di dettaglio
- Tavole di carpenteria metallica

Tutte le opere facenti parte dell'appalto, ma non progettati dalla Committenza, saranno eseguite in base ai calcoli di stabilità e resistenza accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione, che dovranno essere redatti e firmati da un ingegnere, iscritto all'albo, e che l'Appaltatore dovrà presentare alla DL entro il termine che gli verrà prescritto, attenendosi agli schemi e disegni facenti parte del progetto ed allegati al contratto o alle norme che gli verranno impartite, a sua richiesta, all'atto della consegna dei lavori.

#### **7.6.1 Caratteristiche del calcestruzzo**


Per le opere in c.a. è previsto l'uso dei seguenti calcestruzzi:

- Caratteristiche del calcestruzzo utilizzato per il magrone

|  |           |
|--|-----------|
| Classe di resistenza                           | C12/15    |
| Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck}$  | 12 MPa    |
| Resistenza caratteristica cubica $R_{ck}$      | 15 MPa    |
| Resistenza caratteristica a trazione $f_{ctk}$ | 1,27 MPa  |
| Modulo di Young $E_{cm}$                       | 28000 MPa |
| Coefficiente di Poisson                        | 0,2       |
| Densità $\rho$                                 | 25 kN/mc  |

- Caratteristiche del calcestruzzo utilizzato per le fondazioni

|  |   |
|--|---|
| Classe di resistenza                           | C25/30  |
| Classe di esposizione                          | C 25/30 per classe di esposizione XC2 in accordo a Prospetto F.1 della UNI EN 206 e UNI 11104 |
| Copriferro minimo                              | 30 mm   |
| Resistenza caratteristica a trazione $f_{ctk}$ | 25 MPa  |

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>64 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

|   |          |
|---|----------|
| Resistenza caratteristica cubica R <sub>ck</sub>      | 30 MPa   |
| Resistenza caratteristica a trazione f <sub>ctk</sub> | 1,80 MPa |
| Classe di consistenza                                 | S4       |

Nel caso in cui si verifichi la possibilità di attacco chimico o corrosione indotta da cloruri, la classe di esposizione verrà adeguatamente aggiornata secondo le condizioni ambientali presenti.

#### 7.6.1.1 Cemento

Il tipo di cemento da utilizzare dovrà essere Portland 32.5 tipo I, II, III (secondo la EN 197).

I cementi utilizzati devono essere controllati e certificati come previsto per legge. Non sarà permesso mescolare fra loro cementi di diversa classe, tipo e provenienza; per ciascuna struttura dovrà essere impiegato cemento di un unico tipo e classe.

#### 7.6.1.2 Acqua D'impasto

L'acqua d'impasto dovrà essere di provenienza nota e dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

#### 7.6.1.3 Rapporto Acqua/Cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati facendo riferimento alla norma UNI 8520 parti 13a e 16a per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto.

Il rapporto acqua/cemento massimo sarà sempre indicato sugli elaborati di progetto.

#### 7.6.1.4 Granulometria degli aggregati

La dimensione massima ammessa per gli aggregati sarà pari a 30 mm. In ogni caso il diametro massimo utilizzabile per la confezione di ogni miscela sarà specificato sui singoli elaborati di progetto.

#### 7.6.1.5 Additivi

Gli additivi dovranno essere conformi a quanto prescritto nella norma UNI EN 934/2. Non è permesso mescolare fra loro additivi di diverso tipo e provenienza.


#### 7.6.1.6 Durabilità e resistenza agli agenti esterni - Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni d'aggressione ambientale, dovrà prevedersi un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto «copriferro nominale».

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è la somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $D_h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + D_h$

I valori di copriferro minimo in funzione delle classi d'esposizione del calcestruzzo saranno chiaramente indicati sugli elaborati di progetto.

La tolleranza di posizionamento delle armature  $D_h$ , nel caso di strutture gettate in opera, dovrà essere assunta pari ad almeno 5 mm.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>65 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

#### 7.6.1.7 Controlli in corso d'opera Attestazione di conformità

Dovranno prevedersi adeguate procedure per garantire i controlli periodici in corso d'opera da parte della Direzione Lavori per verificare la conformità tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite nel progetto esecutivo.

Per i prelievi di campioni di calcestruzzo fresco si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN 14488.

Per le resistenze meccaniche il controllo, definito «controllo di accettazione» nelle Norme Tecniche applicative della Legge n° 1086, dovrà avvenire con le modalità di prelievo ivi specificate.

#### Piano di campionamento

Il piano di campionamento dovrà definire la frequenza minima di campionamento secondo il quantitativo di miscela di calcestruzzo prevista (Cap. 11.2.5 NTC2018). I prelievi dovranno essere distribuiti nella produzione. (1 prelievo = 2 provini)

Tabella - Frequenze minime di campionamento

| Frequenze minime di campionamento     |                               |   |                   |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------|
| Produzione                            | Frequenza minima dei prelievi |   | Tipo di controllo |
| fino a 1500 m <sup>3</sup> di miscela | ogni 300 m <sup>3</sup>       | 3 prelievi (1 ogni 100 m <sup>3</sup> ) e comunque 1 per ogni giorno di produzione  | TIPO A            |
| oltre 1500 m <sup>3</sup> di miscela  | ogni 1500 m <sup>3</sup>      | 15 prelievi (1 ogni 100 m <sup>3</sup> ) e comunque 1 per ogni giorno di produzione | TIPO B            |

#### Criteri di accettazione


La procedura di accettazione dovrà prevedere l'esecuzione delle prove a compressione, conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009, tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione andranno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

La conformità della resistenza a compressione sarà garantita se saranno soddisfatte le disequazioni riportate in tabella:

Tab. 11.2.I

| Controllo di tipo A   | Controllo di tipo B   |
|---|---|
| $R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$   |   |
| $R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$<br>(N° prelievi: 3)  | $R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$<br>(N° prelievi $\geq 15$ ) |
| Ove: $R_{cm28}$ = resistenza media dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> );<br>s = scarto quadratico medio |   |

Si precisa che, per controlli di tipo B, il coefficiente di variazione (s/R<sub>m</sub>) deve essere inferiore a 0.3 e qualora tale coefficiente sia superiore a 0.15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>66 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

complementari come previste al cap. 11.2.7 delle NTC2018.

#### Procedura per esiti negativi nel controllo della resistenza del calcestruzzo in opera

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto con le modalità specificate nei decreti applicativi della Legge 1086, non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, dovrà essere indicata una procedura per la valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive (prelievo di campioni a mezzo carotaggi, estrazione, ecc...) sia non distruttive (ultrasuoni, misure di resistività, ecc...) a totale carico dell'Appaltatore.

Tali prove non saranno, in ogni caso, sostitutive dei controlli di accettazione, ma potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera.

Nella procedura dovranno essere indicate le modalità di esecuzione di eventuali interventi di adeguamento, demolizione e ricostruzione, a carico dell'Appaltatore, in relazione a quanto stabilito dalla DL in funzione dei risultati dei controlli integrativi.

##### *7.6.1.8 Trasporto e consegna*

Si dovranno definire i percorsi, la durata e la distanza dei trasporti del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello d'impiego garantendo l'utilizzo di mezzi e attrezzature idonee a evitare la segregazione dei costituenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

Nella procedura di fornitura dovrà essere indicato che ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- la data e le ore di partenza dall'impianto, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- il tipo, la classe e, ove specificato nell'ordine di fornitura, il contenuto di cemento;
- il rapporto a/c teorico;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi nominali trasportati;
- la tipologia e l'identificazione degli eventuali additivi utilizzati.


L'Appaltatore dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare la struttura cui ciascun carico è stato destinato.

L'Appaltatore dovrà conservare e gestire la su esposta documentazione che, a richiesta del personale del Committente, dovrà essere esibita.

##### *7.6.1.9 Operazioni di getto*

L'Appaltatore è tenuto a fornire il cronoprogramma dei getti indicando:

- la data di getto
- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e la classe di consistenza del calcestruzzo;

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>67 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

L'appaltatore dovrà redigere il programma dei controlli da eseguirsi prima dell'esecuzione dei getti che indichi almeno:


- controllo della conformità geometrica delle casseforme ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive;
- controllo della corrispondenza al progetto delle armature e dei copriferri;
- controllo della corrispondenza al progetto della posizione degli inserti (tubazioni, collegamenti alla rete di terra, giunti, water stop, ecc.);
- metodi di controllo della stabilità statica delle casseforme;
- pulizia e trattamento con disarmenti delle superfici delle casseforme prima dei getti;
- controllo che in fase di getto o prima dello stesso NON avvenga aggiunta d'acqua al calcestruzzo (sempre vietato);
- controllo delle modalità di scarico del calcestruzzo onde evitarne la segregazione;
- modalità di esecuzione delle operazioni di vibratura fino ad incipiente rifluimento della malta, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze;
- modalità di esecuzione di getti in pendenza;
- modalità di getto e utilizzo di particolari accorgimenti per getti in presenza d'acqua;
- modalità di esecuzione delle riprese di getto;
- definizione delle tolleranze dimensionali degli elementi in fase di realizzazione e del posizionamento plano-altimetrico degli elementi annegati nel getto (inserti, piastre, tirafondi, scatole di taglio, elementi di ripresa, ...);
- modalità di getto durante climi freddi (temperatura dell'aria inferiore ai 5°C) o caldi (temperatura dell'aria superiore ai 25°C);
- attenzioni e precauzioni per garantire una corretta stagionatura del calcestruzzo;
- modalità di realizzazione di ripristini o stuccature in seguito al disarmo del calcestruzzo.

## 7.7 OPERE METALLICHE

### 7.7.1 Caratteristiche dell'acciaio d'armatura per i calcestruzzi armati

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo e ad aderenza migliorata, denominato B450C, deve essere caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| $f_{v \text{ nom}}$ | 450N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{l \text{ nom}}$ | 540N/mm <sup>2</sup> |

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>68 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

|  |   |
|--|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{xy}$  | $\geq f_{y\ nom} [N/ mm^2]$   |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$  | $\geq f_{t\ nom} [N/ mm^2]$   |
| $(f_t/ f_y)_k$   | $\geq 1,13$<br>$\leq 1,35$  |
| $(f_y/ f_{ynom})_k$  | $\leq 1,25$   |
| Allungamento $(A_{gt})_k$  | $\geq 7\%$  |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:<br>$\varnothing < 12\text{mm}$<br>$12 \leq \varnothing \leq 16$<br>per $16 < \varnothing \leq 25$<br>per $25 < \varnothing \leq 50$ | <br>4 $\varnothing$<br>5 $\varnothing$<br>8 $\varnothing$<br>10 $\varnothing$ |

I diametri delle barre d'armatura correntemente utilizzati dovranno essere Ø8, Ø12, Ø16, Ø20, Ø24, Ø28, Ø32 mm.

Per le reti elettrosaldate il diametro minimo delle barre è Ø6 mm e la distanza minima tra le barre è pari a 150 mm.


L'appaltatore potrà utilizzare:

- acciaio d'armatura in rotoli o barre: tutto l'acciaio per cemento armato da utilizzare per la realizzazione delle strutture in progetto sarà del tipo saldabile qualificato secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate al paragrafo 11.3.2.11 dell'NTC18 e ss.mm.ii.;
- pannelli di rete elettrosaldata o tralicci formati da barre del tipo precedente per getti di platee, di completamento solai su lamiera grecata, pavimentazioni in c.a. e rinforzo dei cavidotti negli attraversamenti stradali. Il tutto nelle dimensioni e nei diametri commerciali. Dovranno essere qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate al paragrafo 11.3.2.11 dell'NTC18 e ss.mm.ii..

L'appaltatore dovrà definire il piano dei controlli delle forniture dell'acciaio d'armatura (sia per le caratteristiche dei materiali sia per le modalità di esecuzione dei tagli e delle piegature) e le modalità di raccolta della documentazione d'accompagnamento di ogni fornitura.

L'Appaltatore dovrà conservare e gestire la su esposta documentazione che, a richiesta del personale del Committente, dovrà essere esibita.



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>69 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

### 7.7.2 Strutture metalliche

Il progettista o l'appaltatore dovrà procedere alla progettazione, alla fornitura ed alla posa in opera di manufatti in carpenteria metallica, inox o alluminio o leghe speciali, di ogni tipo e dimensioni secondo quanto previsto dagli elaborati progettuali esecutivi o secondo quanto prescritto dalla D.L.

#### 7.7.2.1 Requisiti minimi non deviabili

L'acciaio per l'impiego strutturale deve appartenere ai gradi da S235 a S460 con caratteristiche minime secondo quanto indicato al capitolo 4.2.1.1 del DM17/01/2018 (NTC18) le quali devono essere rispettate senza possibilità alcuna di variazione delle stesse.

Le classi di resilienza ammissibili sono JR, J0 e J2.

Modulo di deformazione da considerare per gli elementi in acciaio  $E = 210 \text{ kN/mm}^2$

I limiti di deformabilità delle strutture devono rispettare quanto indicato nelle tabelle 4.2.XII e 4.2.XIII; in particolare gli spostamenti verticali massimi ammissibili dovranno essere limitati a  $L/200$  mentre gli spostamenti orizzontali relativi ammissibili dovranno essere limitati a  $\delta/150$ .

#### 7.7.2.2 Classi di esecuzione delle strutture

Il Progettista, in accordo con il Committente, deve stabilire il livello di qualità di realizzazione dell'opera richiesto, individuando la classe di esecuzione (EXC1, EXC2, EXC3, EXC4), definita dalla UNI EN 1090-2 §4.1.2, che deve essere attribuita alle strutture dell'opera oggetto della fornitura, in funzione delle conseguenze, in termini di perdita di vite umane e danni economici, di un collasso o di un malfunzionamento delle opere, in funzione della severità delle azioni ambientali alle quali le opere sono soggette e in funzione della tipologia costruttiva adottata. Possono essere assegnate classi diverse a parti della stessa struttura.


L'Appaltatore è tenuto ad applicare alle strutture fornite le prescrizioni stabilite dalla UNI EN 1090-2 per la classe di esecuzione assegnata.

Le classi di esecuzione vanno attribuite alle strutture o a parti di esse in funzione delle Classi di Conseguenze (CC), delle Categorie di Servizio (SC) e delle Categorie di Produzione (PC) come indicato in tabella 7.1 della norma.

**Tabella 7.1** Determinazione delle classi di esecuzione

| Classi di conseguenze   |     | CC1  |      | CC2  |      | CC3  |      |
|-------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Categorie di servizio   |     | SC1  | SC2  | SC1  | SC2  | SC1  | SC2  |
| Categorie di produzione | PC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 | EXC3 |
|                         | PC2 | EXC2 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3 | EXC4 |

La definizione delle Classi di Conseguenze può essere effettuata con riferimento alla norma UNI EN 1990:2004, Appendice B – prospetto B.1, e alla norma UNI EN 1991-1-7:2006, Annex A – Table A.1. La prima norma identifica 3 classi, da CC1 a CC3, la seconda scinde la classe CC2 in 2 sottoclassi.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>70 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

La tabella 7.2 della norma riporta le definizioni e gli esempi di appartenenza alle 3 classi secondo le 2 normative citate.


**Tabella 7.2** Definizione delle classi di conseguenze

| UNI EN 1990:2004, Appendice B (informativa) |  |   | UNI EN 1991-1-7:2006, Annex A (informativa) |   |
|---|--|---|---|---|
| Classe                                      | Descrizione  | Esempi  | Classe                                      | Esempi  |
| CC1   | Conseguenze basse per perdita di vite umane, conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali | Costruzioni agricole, edifici non presidiati (es.: magazzini), serre  | 1   | Edifici agricoli – edifici raramente frequentati  |
| CC2   | Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali          | Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es.: edificio per uffici) | 2a – basso rischio                          | Edifici residenziali, uffici e hotel sino a 4 piani – edifici industriali sino a 3 piani – edifici scolastici monopiano – negozi sino a 3 piani o con meno di 1000 mq di area per piano - tutti gli edifici sino a 2 piani con max 2000 mq di area per piano, nei quali è ammesso il pubblico |
|   |  |   | 2b – alto rischio                           | Edifici residenziali, uffici e hotel da 5 a 15 piani – Edifici scolastici da 3 a 15 piani – ospedali sino a 3 piani – negozi da 4 a 15 piani – tutti gli edifici da 2000 a 5000 mq di area per piano, nei quali è ammesso il pubblico - parcheggi sino a 6 piani                              |
| CC3   | Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali        | Gradinate di impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (es.: sala da concerto)        | 3   | Tutti gli edifici delle tipologie definite in classe 2° 2b ma con maggior numero di piani - Tutti gli edifici molto affollati – gli stadi con più di 5000 posti – edifici ospitanti sostanze pericolose o attività rischiose  |

La determinazione delle Categorie di Servizio deve essere effettuata secondo i criteri di cui alla tabella 7.4 della norma

**Tabella 7.4** Determinazione delle categorie di servizio

| Categorie | Criteri  |
|-----------|--|
| SC1       | Strutture e componenti progettati per carichi quasi statici (ad es.: edifici);<br>Strutture e componenti con connessioni progettate come non dissipative ( $q = 1$ ) in zone sismiche a bassa sismicità;<br>Strutture e componenti progettati per la fatica derivante dalle azioni di carroponi in classe S0.  |
| SC2       | Strutture e componenti progettati per la fatica secondo EN 1993 (ad es.: ponti ferroviari, carroponi dalla classe S1 alla S9, strutture suscettibili di vibrazioni indotte dal vento, folla o macchinario rotante);<br>Strutture e componenti con connessioni progettate per bassa o alta duttilità (CD"B" e CD"A") in zone sismiche a media o alta sismicità. |

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>71 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

Note:

Classi di duttilità CD”B” e CD”A” sono definite nelle NTC2008, §7.2.1;  $q$  = fattore di struttura (cfr. NTC2008, §7.3.1)

Per tutte le tipologie di strutture in zona sismica non classificabili nella presente tabella (ad es.: strutture progettate come non dissipative,  $q=1$ , in zone a media o alta sismicità) deve essere assunta la categoria SC2 a meno che non sia diversamente indicato nelle norme di riferimento vigenti.

La determinazione delle Categorie di Produzione deve essere effettuata secondo i criteri di cui alla tabella 7.5 della norma.

**Tabella 7.5** Determinazione delle categorie di produzione

| Categoria | Criterio   |
|-----------|--|
| PC1       | Elementi strutturali non saldati realizzati con qualsiasi tipo di acciaio;<br>Elementi strutturali saldati realizzati con acciai di qualità inferiore all'S355.  |
| PC2       | Elementi strutturali saldati realizzati con acciai di qualità uguale o superiore all'S355;<br>Elementi essenziali per l'integrità strutturale che sono assemblati con saldature in opera;<br>Componenti formati a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la lavorazione;<br>Strutture tralicciate realizzate con profili tubolari circolari. |

### 7.7.3 Materiali

#### 7.7.3.1 Profili e lamiera

I profili laminati a caldo, le lamiera ed i profili cavi finiti a caldo o formati a freddo per impiego strutturale devono essere conformi alle norme applicabili indicate in tabella 8.1 della norma.

**Tabella 8.1 – 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<br>Per quanto applicabili<br>( <sup>1</sup> ) | UNI 5397-5398( <sup>3</sup> )               | 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 ( <sup>2</sup> )<br>UNI EN 10051 |
| Barre   |  | UNI EN 10017, 10058, 10059,<br>10060, 10061 | UNI EN 10017, 10058,<br>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:<br>( <sup>1</sup> ) Materiali da impiegare:<br>S235, S275 e S355 JR, J0, J2 e K2 ( UNI EN 10025-2, acciai non legati);<br>S275, S355, S420 e S460 N e NL (UNI EN 10025-3, acciai a grana fine);<br>S275, S355, S420 e S460 M e ML (UNI EN 10025-4, acciai a grana fine);<br>S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione migliorata).<br>( <sup>2</sup> ) Tolleranza sullo spessore: Classe B; per serbatoi e ciminie: Classe C.<br>( <sup>3</sup> ) Valide soltanto per le dimensioni; per le tolleranze di laminazione vale la UNI EN 10034. |  |   |   |

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 8.2 della norma.


**Tabella 8.2 – 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<br>UNI EN 10268 | UNI EN 10029, 10048, 10051, 10131,<br>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<br>UNI EN 10140                |

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

Per i profilati, le lamiere ed i tirafondi deve essere indicata la loro denominazione completa (ad es.: S275J0 UNI EN 10025-2), come indicato dalle UNI EN 10020 e UNI EN 10027-1 e 2, con



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>73 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

indicazione, se applicabile, dei rivestimenti superficiali, del grado di finitura e della applicabilità della zincatura a caldo. I materiali indicati nel progetto dovranno essere conformi alle prescrizioni applicabili del presente capitolato.

Il Progettista dovrà in particolare indicare il grado dell'acciaio (JR, J0, J2) da adottare, in modo da evitare fragilità negli impieghi alle basse temperature. A tale scopo, per strutture sollecitate a flessione e/o trazione, in funzione degli spessori massimi previsti, dello stato di sforzo e delle temperature di riferimento TED, potrà utilizzare la tabella 2.1 della norma UNI EN 1993-1-10. In mancanza di dati più precisi, si potrà assumere per TED 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 ZEd 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, 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)  $< 0,035\%$ .

#### 7.7.3.2 Bulloni non precaricati

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

Le caratteristiche generali devono essere conformi alla UNI EN 15048-1; le caratteristiche meccaniche delle viti devono essere secondo la UNI EN ISO 898-1, quelle dei dadi secondo la UNI

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>74 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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 8.2.1 della norma.

**Tabella 8.2.1 – 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;<br>300 HV min (*) |
| 10.9   | 10 oppure 12     |                               |
| (*) Per giunti a semplice sovrapposizione con una sola fila di bulloni (cfr. UNI EN 1993-1-8 §3.6.1) |                  |                               |

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.

#### 7.7.3.3 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.

#### 7.7.3.4 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 DM 17/01/2018.

#### 7.7.3.5 Lamiera grecale

Le lamiere grecale devono conformarsi alla norma di prodotto UNI EN 14782: 2006 "Lastre

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>75 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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  $\tau_{u,Rd}$  della lamiera grecata. La sperimentazione e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere conformi alle prescrizioni dell'Appendice B.3 della norma UNI EN 1994-1-1:2005.

#### 7.7.3.6 Grigliati metallici e lamiere striate o bugnate

Grigliati metallici, lamiere striate e bugnate saranno di norma realizzati in acciaio S235JR UNI EN 10025. I grigliati saranno di norma zincati a caldo.

I grigliati potranno essere di 2 tipologie:


- Grigliato a pavimento costituito da una struttura reticolare in acciaio composto da longherine portanti in piatto con tacche antisdrucchiolo e da distanziali in tondo o quadro dritto o ritorto collegati fra loro mediante il procedimento di elettrofusione. La maglia di tali grigliati risulta sufficientemente fitta (11x76 mm, 15x76 mm, 22x76 mm, ...) e sono preferibili le maglie di tipologia "anti-tacco". Il perimetro dei grigliati deve essere bordato mentre, se viene utilizzato per realizzare gradini di scale, deve presentare sulla parte frontale il rompivisuale (pressopiegato che evidenzia il bordo del gradino, con sagomatura a L con elementi in rilievo antiscivolo). Il fissaggio degli stessi alle strutture portanti avviene mediante ganci o zanche opportunamente realizzati; deve presentare buone caratteristiche di robustezza e limitata deformabilità.
- Grigliato verticale e/o inclinato con funzione di recinzione e/o separazione costituito da una struttura reticolare in acciaio composto da longherine portanti in piatto e da distanziali in tondo o quadro dritto o ritorto collegati fra loro mediante il procedimento di elettrofusione. La maglia di tali grigliati risulta più ampia (62x132 mm, 62x66 mm, ...) ma comunque tale da non permettere il passaggio di una sfera di diametro 100 mm. Il perimetro dei grigliati deve essere bordato e corredato dei necessari complementi per poterlo collegare, a mezzo di giunzione bullonata (con bulloni di sicurezza anti-svitamento), ai montanti di sostegno; i montanti possono essere costituiti da profili in carpenteria metallica a sezione rettangolare (piatti), scatolare o scatolare o a L o a T o da elementi verticali in c.a. o muratura. La recinzione deve presentare la caratteristica di non scalabilità, buone caratteristiche di robustezza e leggerezza.

#### 7.7.3.7 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



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>76 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

una chiodatrice a sparo o pneumatica. La capacità portante di questi connettori e l'efficacia del collegamento chiodato alla trave in acciaio devono essere indagati 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.

#### **7.7.4 Lavorazione d'officina**

##### *7.7.4.1 Identificazione documenti di 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 NTC18.

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, 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.

##### *7.7.4.2 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.

##### *7.7.4.3 Movimentazione e montaggio*

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

|  |                           |  |                     |
|--|---------------------------|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente  |  | Pagina<br>77 / 106  |
|  | <b>H_054_FV_00042_BGR</b> |  | Numero<br>Revisione |
|  |                           |  | 00                  |

applicare se pertinenti.

#### 7.7.4.4 Taglio

Il taglio e la preparazione dei lembi dell'acciaio possono essere ottenuti mediante utilizzo di sega a disco, tranciatrice, taglio automatico, levigatura, 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 di componenti già sottoposti a zincatura a caldo. Se comunque tali operazioni vengono effettuate, si deve procedere ad un idoneo ripristino della zincatura.

#### 7.7.4.5 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.

#### 7.7.4.6 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 seguendo quanto indicato al §6.6.3 della UNI EN 1090. 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 bave.

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 NTC18, 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 9.6.1 della norma.

**Tabella 9.6.1 – 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 deve rispettare quanto previsto dalla Normativa.

Se l'Appaltatore approvvigiona componenti pre-lavorati (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 almeno sul 25% 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.


#### 7.7.4.7 Assemblaggio e premontaggio

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;

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>79 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

- rilievi accurati tridimensionali della posizione dei fori con adeguati strumenti;
- pre-montaggi parziali o totali.

Il Committente e/o il Progettista, o il Direttore dei lavori possono richiedere all'Appaltatore il pre-montaggio 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 NTC18, una Dichiarazione di Conformità al Montaggio delle strutture, dove si elencano i controlli eseguiti al fine di garantire la fattibilità del montaggio.

### 7.7.5 Saldature

#### 7.7.5.1 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 10.1.1 della norma. Tali prescrizioni non devono comunque risultare meno cautelative di quelle della tabella 11.3.XI delle NTC18.

**Tabella 10.1.1 - 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 10.1.2 della norma.

**Tabella 10.1.2 – Livello di conoscenza tecnica di Coordinatori di Saldatura secondo UNI EN ISO 14731**

| Classe  | Acciaio   | Spessori [mm]              |                                 |                  |
|---|-----------|----------------------------|---------------------------------|------------------|
|   |           | $t \leq 25$ <sup>(1)</sup> | $25 < t \leq 50$ <sup>(2)</sup> | $t > 50$         |
| EXC2  | S235-S355 | B                          | S                               | C <sup>(3)</sup> |
|   | S420-S700 | S                          | C <sup>(4)</sup>                | C                |
| EXC3  | S235-S355 | S                          | C                               | C                |
|   | S420-S700 | S                          | C                               | C                |
| EXC4  | Tutti     | C                          | C                               | C                |
| <p><b>NOTE:</b><br/> B = di base; S = specifico; C = completo<br/> <sup>(1)</sup> Piastre di base delle colonne <math>\leq 50</math> mm<br/> <sup>(2)</sup> Piastre di base delle colonne <math>\leq 75</math> mm<br/> <sup>(3)</sup> Per acciai S235-S275 è sufficiente il grado S<br/> <sup>(4)</sup> Per acciai di qualità N, NL, M, ML è sufficiente il grado S</p> |           |                            |                                 |                  |

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.

#### 7.7.5.2 Qualifica dei saldatori

Tutti i saldatori impiegati devono essere certificati e qualificati secondo la norma UNI EN ISO

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>81 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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 10.1.2.

#### 7.7.5.3 Preparazione dei lembi

I lembi devono essere preparati in modo conforme alle preparazioni usate nei test di validazione delle WPS.

Le superfici da saldare devono essere asciutte e libere da ogni sostanza che possa compromettere la qualità della saldatura (ruggine, materiali organici o zincatura). Esse devono risultare prive di fessurazione visibile. Esempi di preparazione dei lembi sono riportate nelle norme UNI EN ISO 9692- 1 e UNI EN ISO 9692-2.

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

Il controllo dimensionale deve essere eseguito sul 100% dei lembi, al fine di accertare la corretta geometria ed il rispetto delle tolleranze dimensionali. Per i cianfrini di lamiera di spessore superiore od uguale a 40 mm, o anche per spessori minori se l'esame visivo lo consigliasse, e comunque su cianfrini per saldature a completa penetrazione, deve essere eseguito sull'intero sviluppo controllo magnetoscopico (preferenziale) o con liquidi penetranti (alternativo).

#### 7.7.5.4 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'essiccazione non può essere ripetuta più di due volte.


#### 7.7.5.5 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,



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>82 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

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

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.



**Tabella 10.5.1a – 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 carroponi | 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 10.5.1b – 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 carroponi  | 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.<br>(**) Per cordoni d'angolo di lato ≥ 20 mm.<br>(***) 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. |           |      |      |              |          |          |

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

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>84 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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.

#### 7.7.5.6 Criteri di accettabilità delle saldature

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

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

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

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

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

### 7.7.6 Bullonatura

#### 7.7.6.1 Generalità

Non possono essere impiegati bulloni strutturali di diametro inferiore a 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

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>85 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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.

#### 7.7.6.2 Serraggio dei bulloni precaricati

Il serraggio dei bulloni precaricati deve rispettare quanto previsto al Cap. 4.2.8.1.1 delle NTC18.

I metodi di serraggio utilizzabili sono il Metodo della coppia, il Metodo combinato, il Metodo dell'indicatore diretto della pretensione DTI, il Metodo HRC secondo quanto indicato al paragrafo 8 della UNI EN 1090-2.

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

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 Progettista deve fornire 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. È 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.


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 11.4.1.

#### 7.7.6.3 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.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>86 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

Il serraggio dei bulloni deve comunque essere eseguito in accordo alla Norma UNI EN 1090-2.

#### 7.7.6.4 Tolleranze di fabbricazione

Le tolleranze di fabbricazione definite “essenziali” e le tolleranze di fabbricazione definite “funzionali” dalla UNI EN 1090-2 devono essere richiamate negli elaborati di progetto e correttamente seguite in fase di esecuzione.

#### 7.7.6.5 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 gli elementi devono essere protetti con opportuni materiali al fine di prevenire danneggiamenti.

#### 7.7.6.6 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 stoccati in cantiere da corrosione, deterioramento, danni accidentali, etc., prima di iniziare il montaggio.

### 7.7.7 Trattamenti protettivi

#### 7.7.7.1 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).

Il progettista, 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 17.1.1 (verniciatura), e in conformità alla UNI EN ISO 14713-1, con i criteri di tabella 17.1.2 (zincatura).



**Tabella 17.1.1 – 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 <sup>2</sup> ]   | Perdita di spessore [μm] | Perdita di massa [g/m <sup>2</sup> ] | 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 17.1.2 – Classi di corrosività secondo UNI EN ISO 14713-1 (zincatura)**

| Classi di corrosività (*)   | Esempi di ambiente tipico   |   |
|---|---|---|
|   | All'interno   | All'esterno   |
| <b>C1</b><br>(molto bassa)<br>$r \leq 0,1 \mu\text{m}$                  | 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)  |
| <b>C2</b><br>(bassa)<br>$0,1 < r \leq 0,7 \mu\text{m}$                  | Ambienti non riscaldati con temperatura e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condense e basso inquinamento (capannoni di stoccaggio, impianti sportivi)   | Zone temperate con bassi valori d'inquinamento ( $\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (zone rurali, paesi o piccole città dell'entroterra)  |
| <b>C3</b><br>(media)<br>$0,7 < r \leq 2 \mu\text{m}$                    | Ambienti con moderata presenza di condense e di inquinamento da processi produttivi leggeri (impianti alimentari, lavanderie, impianti per la produzione di birra, caseifici)   | Zone temperate con valori d'inquinamento medi ( $\text{SO}_2$ tra 5 e 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , oppure media presenza di cloruri) (aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri)   |
| <b>C4</b><br>(alta)<br>$2 < r \leq 4 \mu\text{m}$                       | Ambienti con condense frequenti ed alto livello d'inquinamento da processi industriali (impianti industriali, piscine)  | Zone temperate con valori d'inquinamento alti ( $\text{SO}_2$ 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) |
| <b>C5</b><br>(molto alta)<br>$4 < r \leq 8 \mu\text{m}$                 | Ambienti con condense 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 ( $\text{SO}_2$ tra 90 e 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa)                       |
| <b>CX</b><br>(estrema)<br>$8 < r \leq 25 \mu\text{m}$                   | Ambienti con condense quasi permanenti o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità alta, e/o con alto inquinamento da processi produttivi (capannoni non ventilati in zone subtropicali e tropicali con penetrazione dall'esterno di agenti inquinanti) | Zone subtropicali e tropicali con valori d'inquinamento estremi ( $\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , altissimo livello di cloruri) (aree con industrializzazione pesante, costruzioni lungo la costa e costruzioni <i>offshore</i> )    |
| (*) Perdita di spessore di zinco $r$ dopo il primo anno di esposizione. |   |   |

#### 7.7.7.2 Zincatura a caldo

La protezione mediante zincatura a caldo dei materiali deve essere conforme alla norma UNI-EN

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>89 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

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.

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.

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.

Il Progettista dovrà indicare la posizione e la dimensione delle forature nei disegni, in modo da non ridurre la resistenza degli elementi.

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.

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 17.2.3.

**Tabella 17.2.3 – Spessori minimi di zinco**

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

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 17.2.4.



|   |                            |                     |
|---|----------------------------|---------------------|
|  | ID Documento Committente   | Pagina<br>90 / 106  |
|   | <b>H_054_FV_ 00042_BGR</b> | Numero<br>Revisione |
|   |                            | 00                  |

**Tabella 17.2.4 – Durata indicativa sino alla prima manutenzione della zincatura in funzione delle classi di corrosività (da UNI EN ISO 14713-1)**

| Componente  | Norma           | spessore min.<br>[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.

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,

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>91 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

serraggio, saldatura, etc., particolare 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.

#### 7.7.7.3 Verniciatura

##### Generalità

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

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

A titolo indicativo, per durabilità media e per le classi di corrosione sino alla C4, possono essere usati i cicli di pitturazione di cui al paragrafo successivo "cicli di pitturazione".


##### 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.

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

##### Preparazione dell'acciaio

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

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>92 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

### 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.

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

La preparazione delle superfici può avvenire mediante spazzolatura, sabbiatura commerciale, sabbiatura a metallo quasi bianco o spazzolatura meccanica.

### 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.

### Controlli di 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.

## **7.7.8 Montaggio**


Il progettista delle opere deve redigere gli elaborati necessari all'individuazione del corretto piano di montaggio da parte dell'Appaltatore qualora il progetto preveda delle fasi di montaggio necessarie alla complessità dell'opera.

L'Appaltatore deve redigere per ogni opera un opportuno Manuale 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 Manuale 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 Manuale di Montaggio sia stato approvato dal Direttore dei Lavori.

Nel Manuale di Montaggio devono essere inclusi tutto quanto previsto dalla Normativa vigente

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>93 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

#### 7.7.8.1 Tolleranze di montaggio

Le tolleranze di montaggio definite “essenziali” e le tolleranze di montaggio definite “funzionali” dalla UNI EN 1090-2 §11.1 devono essere rispettate nel corso del montaggio.

### 7.8 IMPERMEABILIZZAZIONI

Nel caso delle Cabine di Trasformazione, le fondazioni ospiteranno una vasca di contenimento olio e un pozzetto di ispezione. Per garantire un’adeguata impermeabilizzazione delle pareti di entrambi, evitando così dispersione nel terreno di sostanze inquinanti, verranno rivestiti internamente con una resina impermeabilizzante resistente agli oli. Nella vasca verrà inoltre realizzato un massetto alleggerito della pendenza di almeno l’1% per garantire lo scorrimento dei liquidi verso il tubo di scolo che collega al suddetto pozzetto.

### 7.9 RECINZIONE PERIMETRALE

A delimitazione delle aree di installazione è prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale costituita da rete metallica a pali infissi nel terreno.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete metallica zincata plastificata a maglie di 50x50 mm (filo metallico di diam. 2,6 mm) con stanti di sostegno in acciaio zincato e plastificato a T, di altezza fuori terra pari a 200 cm ed infissi nel terreno per 100 cm senza l’impiego di cemento, distanziati 200 cm l’uno dall’altro, rinforzati fili di tensione e da saette di controvento in corrispondenza degli spigoli, dei cambi di direzione e in ogni caso ogni 25 m di sviluppo lineare della recinzione.

Si prevede che la recinzione sia opportunamente sollevata da terra di circa 15 cm, ogni 100 metri per una larghezza pari ad almeno 1 metro per non ostacolare il passaggio della fauna selvatica. Internamente ad essa sarà posizionata la fascia di mitigazione.

#### 7.9.1 Cancelli di accesso

È prevista l’installazione di quattro cancelli carrabili in funzione delle varie aree identificate dal progetto e dell’effettiva fruizione delle diverse aree d’impianto. Per quanto riguarda la parte carrabile, i cancelli prevederanno due ante con sezione di passaggio pari ad almeno 500 cm di larghezza e 230 cm di altezza.


Il tamponamento sarà conforme alla tipologia di recinzione utilizzata e la serratura sarà di tipo manuale. Il materiale dovrà essere acciaio rifinito mediante zincatura a caldo.

Le colonne dei cancelli dovranno essere immorsate a una fondazione in calcestruzzo armato delle dimensioni adeguate come da disegni di progetto.

### 7.10 STRADE INTERNE, AREE PAVIMENTATE E AREE PER APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE

Le strade interne e perimetrali dovranno avere una larghezza della carreggiata di 5 metri e una adeguata pendenza trasversale.

Il valore superiore della pendenza longitudinale deve essere limitato ad un valore adeguato al

|  |                            |  |                     |
|--|----------------------------|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente   |  | Pagina<br>94 / 106  |
|  | <b>H_054_FV_ 00042_BGR</b> |  | Numero<br>Revisione |
|  |                            |  | 00                  |

trasporto del materiale pesante (cioè cabine prefabbricate o trasformatori) e in qualsiasi caso la pendenza longitudinale non deve essere superiore al 10%. La pendenza trasversale non dovrà essere superiore al 2%.

Il raggio di curvatura minimo delle strade interne deve essere di almeno 5,0 m, e in ogni caso deve essere adeguato alla mobilitazione di tutti i materiali durante la fase di costruzione, nonché durante le fasi di funzionamento e manutenzione.

Per la realizzazione di strade e piazzali deve essere rimossa la coltre vegetale superficiale per l'intero spessore esistente in loco e la superficie di scavo deve essere adeguatamente compattata o bonificata.

Le strade sterrate devono avere un pacchetto stradale in rilevato, tale da garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche, con le seguenti caratteristiche (definendo gli strati dal fondo scavo verso la superficie):


- Geotessile, geotessuto o TNT con funzione di rinforzo, stabilizzazione, separazione e filtrazione, provvisto di idonea Marcatura CE;
- Strato di fondazione di spessore pari a 20 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale, costituito da spezzato di cava, macadam con pezzatura 60÷80 mm;
- Strato di base di spessore pari a 15 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale, costituito da pietrisco con pezzatura 40÷50 mm;
- Strato di usura di spessore pari a 15 cm composto da materiale anidro, stabilizzato granulometricamente a legante naturale, costituito da misto stabilizzato con pezzatura 0÷30 mm.

In fase di cantiere dovranno essere individuate e preparate opportune aree di stoccaggio e movimentazione dei materiali. Le aree devono essere idonee all'utilizzo di mezzi di movimentazione dei materiali, devono essere segnalate e opportunamente delimitate con rete di cantiere.

Dovranno essere previste idonee piazzole di sosta nelle aeree delle cabine e delle Cabine di Trasformazione.

## 7.11 POZZETTI

Sono previsti pozzetti in calcestruzzo, di tipo prefabbricato, da utilizzare per canalizzazioni elettriche, per ispezioni di dispersori di terra, per la rete di segnale e videosorveglianza, per la rete di raccolta delle acque meteoriche, come pozzetti porta palo per illuminazione e videosorveglianza, ecc., con profondità legata a quella delle canalizzazioni/tubazioni che connettono e dove previsto dovranno essere tali da supportare il transito di veicoli.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>95 / 106  |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

## 8 RIFERIMENTI NORMATIVI

La legislazione e normativa nazionale cui si è fatto riferimento nel Progetto è la seguente:

### 8.1 LEGGI NAZIONALI

- Direttiva Macchine 2006/42/CE.
- “Norme Tecniche per le Costruzioni 2018” indicate dal DM del 17 Gennaio 2018, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018, in vigore dal 22 marzo 2018, con nota n. 3187 del Consiglio superiore dei Lavori pubblici (Cslpp) del 21 marzo 2018 e relative circolari applicative della norma.
- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro.
- Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- D.P.R. n. 151 del 1° agosto 2011: “Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell’articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n.78 convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n.122”
- DLgs 152/06 e ss.mm.ii. Testo Unico Ambientale
- (Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).


### 8.2 NORME TECNICHE

Il progetto, la selezione dei materiali, l’esecuzione, i collaudi devono essere trattati in accordo ai codici, agli standard ed alle normative emanate dai seguenti enti:

Normativa civile:

- Legge 5 Novembre 1971 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opera in conglomerate cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- DPR 380/2001 Testo Unico edilizia
- Regolamento (UE) n. 305/2011 sui prodotti da costruzione (marcatura CE)
- DM 17/01/2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- CIRCOLARE NTC 2018 21/01/2019: Istruzioni per l’applicazione dell’<<Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”>>
- Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017
- CNR DT207: Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni 9 febbraio 2009
- UNI Ente nazionale italiano di unificazione



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>96 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |


#### Calcestruzzo:

- “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale”
- “Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”
- UNI EN 206:2021 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI 11104:2016 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- UNI EN 13670:2010 Esecuzione di strutture di calcestruzzo


#### Acciai e metalli:

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo – Acciaio d'armatura saldabile – Generalità
- UNI EN 508. “Prodotti di lastre metalliche per coperture e rivestimenti – Specifiche per prodotti autoportanti in lastre di acciaio, alluminio o acciaio inossidabile – Parte 1: Acciaio”
- UNI EN 1090: “Esecuzione di strutture in acciaio ed alluminio”
- UNI EN 10020: “Definizione e classificazione dei tipi di acciaio.”
- UNI EN 10017: “Vergella di acciaio destinata alla trafilatura e/o alla laminazione a freddo – Dimensioni e tolleranze”
- UNI EN 10024: “Travi ad I ad ali inclinate laminate a caldo. Tolleranze dimensionali e di forma.”
- UNI EN 10027: “Sistemi di designazione degli acciai”
- UNI EN 10029: “Lamiere di acciaio laminate a caldo di spessore maggiore o uguale a 3 mm – Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10031: “Prodotti semilavorati per forgiatura – Tolleranze sulle dimensioni sulla forma e sulla massa”
- UNI EN 10034: “Travi ad I e ad H di acciaio per impieghi strutturali. Tolleranze dimensionali e di forma.”
- UNI EN 10048: “Nastri stretti di acciaio laminati a caldo – Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10051: “Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati – Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10055: “Profilati a T ad ali uguali e a spigoli arrotondati di acciaio, laminati a caldo – Dimensioni e tolleranze dimensionali e di forma”
- UNI EN 10056: “Angolari ad ali uguali e disuguali di acciaio per impieghi”
- UNI EN 10058: “Piatti e larghi piatti di acciaio laminati a caldo per impieghi generali – Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni”
- UNI EN 10059: “Barre di acciaio quadre laminate a caldo per impieghi generali – Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni”



|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>97 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |


- UNI EN 10060: “Barre di acciaio tonde laminate a caldo per impieghi generali – Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni”
- UNI EN 10061: “Barre di acciaio esagone laminate a caldo per impieghi generali – Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni”
- UNI EN 10140: “Nastri stretti di acciaio laminati a freddo – Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10143: “Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo – Tolleranze sulla dimensione e sulla forma”
- UNI EN 10149: “Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite snervamento per formatura a freddo”
- UNI EN 10160: “Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione).”
- UNI EN 10169: “Prodotti piani di acciaio rivestiti in continuo con materiale organico (nastri rivestiti) – Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10204: “Prodotti metallici – Tipi di documenti di controllo”
- UNI EN 10279: “Profilati a U di acciaio laminati a caldo – Tolleranze sulla forma, sulle dimensioni e sulla massa”
- UNI EN 10210: “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali”
- UNI EN 10219: “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine”
- UNI EN 10268: “Prodotti piani laminati a freddo di acciaio ad alto limite di snervamento per formatura a freddo – Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10346: “Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo – Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10365: “Profili a U di acciai laminati a caldo, travi I e H – Dimensioni e masse”
- UNI EN 14399: “Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico”
- UNI EN 14782: “Lastre metalliche autoportanti per coperture, rivestimenti esterni e interni – Specifica di prodotto e requisiti”
- UNI EN 15048: “Assiemi di bulloneria strutturale non da precarico”
- UNI EN 13605: Rame e leghe di rame - Profilati di rame e fili profilati per usi elettrici
- UNI EN ISO 898: “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio”
- UNI EN ISO 1461: “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio – Specificazioni e metodi di prova”
- UNI EN ISO 3452-1: “Prove non distruttive – Esame con liquidi penetranti – Parte 1: Principi generali”
- UNI EN ISO 8501: “Preparazione dei substrati di acciaio prima dell’applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie”

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>98 / 106  |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- UNI EN ISO 8503: “Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediante sabbiatura”


Viti ed elementi di giunzione:

- UNI EN ISO 3834: “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici”
- UNI EN ISO 4014: “Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categorie A e B”
- UNI EN ISO 4016: “Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C”
- UNI EN ISO 4017 “Elementi di collegamento - Viti a testa esagonale con gambo interamente filettato - Categorie A e B”
- UNI EN ISO 4018: “Viti a testa esagonale con gambo interamente filettato - Categoria C”
- UNI EN ISO 4042: “Elementi di collegamento - Sistemi di rivestimenti elettrolitici”
- UNI EN ISO 5817: “Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni”
- UNI EN ISO 6507-1: “Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 1: Metodo di prova”
- UNI EN ISO 6789-1: “Attrezzi di manovra per viti e dadi - Attrezzi dinamometrici a mano - Parte 1: Requisiti e metodi di prova per verificare la rispondenza al progetto, la conformità alla qualità: requisiti minimi per la dichiarazione di conformità”
- UNI EN ISO 9013: “Taglio termico - Classificazione dei tagli termici - Specificazione geometrica del prodotto e tolleranze”
- UNI EN ISO 9606-1: “Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai”
- UNI EN ISO 9692-1: “Saldatura e procedimenti connessi - Tipologie di preparazione dei giunti - Parte 1: Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco con elettrodo fusibile sotto protezione di gas, saldatura a gas, saldatura TIG e saldatura mediante fascio degli acciai”
- UNI EN ISO 9692-2: “Saldatura e procedimenti connessi - Preparazione dei giunti - Saldatura ad arco sommerso degli acciai”
- UNI EN ISO 10684: “Elementi di collegamento - Rivestimenti di zinco per immersione a caldo”
- UNI EN ISO 11666: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Livelli di accettabilità”
- UNI EN ISO 12944: “Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura”
- UNI EN ISO 13918: “Saldatura - Prigionieri e ferrule ceramiche per la saldatura ad arco dei

|   |                           |                     |
|---|---------------------------|---------------------|
|  | ID Documento Committente  | Pagina<br>99 / 106  |
|   |                           | Numero<br>Revisione |
|   | <b>H_054_FV_00042_BGR</b> | 00                  |


prigionieri”

- UNI EN ISO 14122-4: “Sicurezza del macchinario - Mezzi di accesso permanenti al macchinario - Parte 4: Scale fisse”
- UNI EN ISO 14713: “Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi”
- UNI EN ISO 14732: “Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura e dei preparatori di saldatura per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici”
- UNI EN ISO 15609: “Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura”
- UNI EN ISO 15613: “Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione sulla base di prove di saldatura di pre-produzione”
- UNI EN ISO 15614-1: “Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe”
- UNI EN ISO 15614-11: “Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Saldatura a fascio elettronico e a fascio laser”
- UNI EN ISO 17635: “Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici”
- UNI EN ISO 17636: “Prove non distruttive delle saldature - Controllo radiografico”
- UNI EN ISO 17637: “Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo dei giunti saldati per fusione”
- UNI EN ISO 17638: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche”
- UNI EN ISO 17640: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche, livelli di prova e di valutazione”
- UNI EN ISO 23277: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità”
- UNI EN ISO 23278: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche - Livelli di accettabilità”
- UNI EN ISO 23279: “Prove non distruttive delle saldature - Prove a ultrasuoni - Caratterizzazione delle discontinuità nelle saldature”
- ISO 19840: “Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces”
- Eurocodici 0÷9

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>100 / 106 |
|  |   | Numero<br>Revisione |
|  |   | 00                  |

#### Normativa elettrica:


- NFPA 850: “Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations”
- IEC 60034 Rotating Electrical Machinery
- IEEE 485 "Recommended practice for sizing lead-acid batteries for stationary applications"
- IEC 60038 IEC standard voltages
- IEC 60050 (series) International electrotechnical vocabulary
- IEC 60065 Audio, video and similar electronic apparatus – safety requirements
- IEC 60076 (series) Power transformers
- IEC 60083 Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC.
- IEC 60085 Electrical Insulation
- IEC 60309 (Series) Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes
- IEC 60909 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems.
- IEC 61660 (Series) Short circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations
- IEC 61850 (Series) Communication networks and systems for power utility automation
- IEC 62040 (Series) Uninterruptible Power System
- IEC 62259 Nickel-cadmium prismatic secondary single cells with partial gas recombination
- CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici)
- CEI 11-27 (Lavori su impianti elettrici)
- CEI 0-10 (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI EN 60445 (CEI 16-2) Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori
- CEI EN 50588-1 Trasformatori di media potenza a 50 Hz, con tensione massima per l'apparecchiatura non superiore a 36 kV Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>101 / 106 |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori
- IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
- CEI EN 61140 Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature
- CEI EN 50629 Prestazione energetica dei trasformatori di grande potenza (tensione massima per il componente superiore a 36 kV o con potenza superiore a 40 MVA)

#### Fotovoltaico:

- ANSI/UL 1703:2002 Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels
- IEC 61215 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules
- IEC 62109 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems.
- IEC 62116 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures
- IEC 62716 Ammonia corrosion testing of photovoltaic (PV) modules
- IEC 62804 Photovoltaic (PV) modules - Test methods for the detection of potential-induced degradation
- IEC 60364 (series) Low-voltage Electrical Installations
- CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola produzione distribuita
- IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions, and symbols
- CEI EN 50380 Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI 82-25 “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione”
- CEI EN 50438 Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione
- CEI EN 50461 Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino
- CEI EN 50521 Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove
- CEI EN 60891 Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
- CEI EN 60904 Dispositivi fotovoltaici
- CEI EN 60068-2-21 2006 Prove ambientali - Parte 2-21: Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda
- CEI EN 61173 Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>102 / 106 |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- EN 62446 (CEI 82-38) Impianti fotovoltaici connessi alla rete - Requisiti minimi per la documentazione del sistema

#### Agrivoltaico

- CEI 82-93 Impianti Agrivoltaici
- UNI/Pdr 148:2023 Sistemi agrivoltaici - Integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici


#### Documentazione, test di messa in servizio e ispezione

- IEC 60688 Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals
- IEC 61869 (Series) Instrument transformers
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI EN 61646 Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo
- CEI EN 61277 Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI EN 61345 Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61683 Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza
- CEI EN 61701 Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61724 Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
- CEI EN 61727 Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI EN 61730 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61829 Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- CEI EN 62093 Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali
- CEI EN 62108 Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo

#### Sicurezza elettrica:


- IEC 60071 (series) Insulation coordination
- IEC 60255 (Series) Electrical relays



|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_ 00042_BGR</b> | Pagina<br>103 / 106 |
|   |  | Numero<br>Revisione |
|   |  | 00                  |

- IEC 62271 (Series) High-voltage switchgear and controlgear
- CEI EN 61439 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI EN 50110-1 Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160 Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica
- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146 Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea
- CEI UNI EN 45510-2-4 Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza
- CEI EN 50164-1 Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- CEI EN 61643-11 Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305 Protezione contro i fulmini
- CEI EN 50123 (serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
- CEI EN 50178 Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza
- CEI EN 60898 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari
- CEI EN 60947 (serie) Apparecchiature a bassa tensione
- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50263 Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000 Compatibilità elettromagnetica (EMC)
- UNI 8477-1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggianti ricevuta




|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>104 / 106 |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici
- CEI 13-4 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62052 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova
- CEI EN 50470 Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.)
- CEI EN 62059-31-1 Apparat per la misura dell'energia elettrica – Fidatezza Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilità - Temperatura e umidità elevate
- CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI EN 61936-1 (Classificazione CEI 99-2): impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

#### Cavi elettrici:


- IEC 60227 (Series) Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750V
- IEC 60228 Conductors of insulated cables
- IEC 60287 (Series) Electric cables – Calculation of the current rating
- IEC 60331 (Series) Tests for electric cables under fire conditions
- IEC 60332 (Series) Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions
- IEC 60702 (Series) Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750V
- IEC 60502 (Series) Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2 \text{ kV}$ ) up to 30 kV ( $U_m = 36 \text{ kV}$ )
- IEC 60754 Test on gases evolved during combustion of materials from cables
- IEC 61034 Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions
- IEC 60811 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_00042_BGR</b> | Pagina<br>105 / 106 |
|   |   | Numero<br>Revisione |
|   |   | 00                  |

- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
- CEI EN 50086 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche
- CEI EN 50262 Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- CEI EN 61386 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche

#### Normativa Internazionale:

- ANSI American National Standard Institute
- API American Petroleum Institute
- ACI – American Concrete Institute, con particolare riferimento a:
  - o ACI 117 “Specification for tolerances for concrete construction and materials and commentary”.
  - o ACI 207-1R Guide to mass concrete
  - o ACI 207.2R “Effect of restraint, volume change, and reinforcement on cracking of mass concrete”
  - o ACI 211.1 “Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete”.
  - o ACI 305-1 hot weathering concreting
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ASTM American Society for Testing and Material
- BS British Standard
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CENELEC Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica
- DIN Deutscher Industrie Norm
- IEC International Electrotechnical Commission
- IEEE The Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ISA Instrument Society of America
- ISO International Organization for Standardization
- KKS Power Plant Designation System

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente<br><b>H_054_FV_ 00042_BGR</b> | Pagina<br>106 / 106 |
|   |  | Numero<br>Revisione |
|   |  | 00                  |

- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- NFPA National Fire Protection Association