

# **Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato da 39 MWp con sistema di accumulo BESS da 12 MW presso Gavorrano (GR)**

*Progetto definitivo*

## **NAT02\_PD\_PEC\_REL06**

### **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE**

COMMESSA				LIVELLO	AMB.	ELAB.	NUM.	NOME FILE		SCALA
N	A	T	02	PD	PEC	REL	06	NAT02_PD_PEC_REL06		-
REV.	DATA			REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE	VERIFICATO	DESCRIZIONE
0	2 agosto 2024			F. Mancini		L. Nigro		Ing. M. I. Gianviti		Consegna
1										
2										
3										

#### **Sede di Roma**

Via Cristoforo Colombo, 149 - 00147

Roma (RM)

Tel. 06/45678571

Web page: [www.ambientesc.it](http://www.ambientesc.it)

#### **Altre sedi principali**

**Carrara (sede legale e operativa)** Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) -  
Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617

**Firenze** Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax  
055/7134442

**Milano** Via Tibullo, 2 - 20151 Milano (MI) - Tel. 02/45473370

**Taranto** Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

**SOMMARIO**

<b>1.</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Normativa vigente .....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Elementi principali d’impianto FV .....</b>	<b>5</b>
3.1	Moduli Fotovoltaici.....	5
3.2	Inverter.....	7
3.3	Cavi.....	9
3.4	Cabine elettriche.....	15
3.5	Sistema di distribuzione TN.....	18
3.6	Trasformatore MT/BT e BT/BT.....	18
3.7	Quadri elettrici.....	21
3.8	Prescrizione costruttive e funzionale degli scomparti e delle relative celle di compartimentazione.....	22
<b>4.</b>	<b>Elementi principali d’impianto BESS.....</b>	<b>31</b>
4.1	Batterie di accumulo.....	31
4.2	PCS.....	33
4.3	CABINE.....	34
<b>5.</b>	<b>Collegamento alla rete nazionale .....</b>	<b>36</b>
5.1	Dispositivo Generale.....	36
5.2	Dispositivi di interfaccia e collegamento alla rete .....	36
5.3	Dispositivo del generatore .....	37
5.4	Gruppo di misura .....	37
<b>6.</b>	<b>Sicurezza elettrica .....</b>	<b>38</b>
6.1	Protezione dalle sovracorrenti.....	38
6.2	Protezione contro i contatti diretti .....	38
6.3	Protezione contro i contatti indiretti.....	38
<b>7.</b>	<b>Opere civili .....</b>	<b>40</b>
7.1	Strutture di supporto .....	40
7.2	Locale tecnico .....	41
7.3	Acqua d’impasto .....	42
7.4	Agglomerati cementizi .....	43
7.5	Aggregati ordinari per la realizzazione di conglomerati cementizi .....	45
7.6	Sabbie.....	46
7.7	Magrone .....	46
7.8	Materiali in acciaio .....	46
<b>8.</b>	<b>Smaltimento materiale di cantiere .....</b>	<b>50</b>
<b>9.</b>	<b>Documentazione di accompagnamento alla realizzazione dell’impianto .....</b>	<b>50</b>
<b>10.</b>	<b>Prove e verifiche sugli impianti .....</b>	<b>52</b>

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

<b>10.1</b>	<b>Norme di riferimento</b> .....	<b>52</b>
<b>10.2</b>	<b>Livello qualitativo dei materiali forniti</b> .....	<b>52</b>
<b>10.3</b>	<b>Campioni</b> .....	<b>53</b>

## INDICE FIGURE

<i>Figura 1</i>	<i>Caratteristiche pannello fotovoltaico</i> .....	<i>6</i>
<i>Figura 2</i>	<i>Particolare nodo trave pilastro</i> .....	<i>40</i>
<i>Figura 3</i>	<i>Tipologico soluzione nodo con motore</i> .....	<i>41</i>

## INDICE TABELLE

<i>Tabella 1-</i>	<i>Tempi di interruzione per sistemi TN</i> .....	<i>39</i>
<i>Tabella 2 –</i>	<i>Specifiche calcestruzzi</i> .....	<i>44</i>
<i>Tabella 3 –</i>	<i>Verifiche controlli di accettazione</i> .....	<i>44</i>
<i>Tabella 4-</i>	<i>Classe di conseguenza</i> .....	<i>47</i>
<i>Tabella 5-</i>	<i>Classi di servizio</i> .....	<i>48</i>
<i>Tabella 6-</i>	<i>Categoria di produzione</i> .....	<i>49</i>
<i>Tabella 7-</i>	<i>Scelta classe di esecuzione</i> .....	<i>49</i>

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

## 1. Generalità

Il progetto prevede l'installazione a terra di un impianto Agrivoltaico con una potenza di picco pari a 39.36 MWp, il quale verrà posizionato presso Gavorrano (GR) e di un sistema di accumulo da 12 MW posizionato presso il comune di Grosseto (GR), redatto nell'ambito del Progetto Definitivo ai sensi del D.Lgs. 50/2016.

L'impianto sarà costituito da pannelli fotovoltaici ad alto rendimento del tipo grid-connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata in parte al sistema di accumulo e il restante completamente in rete, con allaccio in alta tensione in modalità trifase.

L'impianto sarà in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 132 kV della RTN da inserire in entra – esce alle linee RTN 132 kV "Grosseto - Menga" e "Giuncarico Al - Grosseto".

L'impianto sarà realizzato a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dal DM 37/08. Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro, sarà naturalmente rispettato quanto prescritto dal Testo unico sulla Sicurezza D.Lgs. 81/08.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

## 2. Normativa vigente

Fermo restando l'obbligo di attenersi alle norme prescritte dal presente Disciplinare Prestazionale Impianti, l'Appaltatore, nell'esecuzione delle opere, è tenuto alla scrupolosa osservanza di tutte le disposizioni normative e legislative vigenti per le varie categorie di lavoro che occorre eseguire, anche se non espressamente citate sul presente documento o su altri documenti contrattuali, compreso il caso in cui particolari disposizioni normative vengano emanate durante l'esecuzione dei lavori. Si osserva che l'elenco di seguito riportato può non essere esaustivo.

- Tutta la normativa riguardante la prevenzione infortuni ed igiene del lavoro ed in particolare:
  - D.P.R. 27.04.1955 n. 547 (prevenzione infortuni sul lavoro). D.P.R. 07.01.1956 n. 164 (prevenzione infortuni sul lavoro nelle costruzioni) D.P.R. 19.03.1956 n. 302 (norme integrative prevenzione infortuni) D.P.R. 19.03.1956 n. 303 (norme generali per l'igiene del lavoro) Circolare 06.10.1965 n. 60 (mezzi di protezione personale).
  - Decreto Legislativo 09/04/08, n. 81 (Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).
  - Decreto Legislativo 03/08/09, n. 106 "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

È a carico dell'Impresa Appaltatrice, e di sua esclusiva spettanza, l'attuazione delle misure di sicurezza previste dai suddetti decreti, ivi compreso il controllo sull'osservanza da parte dei singoli lavoratori delle norme di sicurezza citate e sull'uso dei mezzi di protezione messi a loro disposizione e la predisposizione, prima dell'inizio dei lavori, del piano delle misure per la sicurezza fisica e per l'igiene dei lavoratori.

- Legge 19.03.1990 n. 55.
- Decreto Legislativo del 22.01.2008 n.37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici",
- Legge n. 186 dell'1.3.1968 "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.
- Legge n. 791 del 18/10/1977 - Attuazione della direttiva CEE 73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
- Norme CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici";
- Norme 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"
- . Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali.
- Norme 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 I e II categoria;

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- Norme CEI 14.6 fasc. n. 1418 (1990). Trasformatori di isolamento e trasformatori di sicurezza.
- Norme CEI 17-13: "Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)"
- Norme CEI 20-40: "Guida per l'uso di cavi a bassa tensione"
- Norme CEI 23.32 fasc. n. 1287 (1990) e succ. varianti ed ampliamenti.
- Norme CEI 23.31 fasc. 1286 (1990) canali metallici portacavi e porta apparecchi. Apparecchiature costruite in fabbrica - ACF - (quadri elettrici).
- Norme CEI 31-30: parte 10 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas, classificazione dei luoghi pericolosi"
- Norme CEI 31-33:" parte 14 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas, classificazione dei luoghi pericolosi"
- Norme CEI 31-35:" "Costruzioni elettriche potenzialmente esplosive per la presenza di gas"
- Norme CEI 31-35/A: "Costruzioni elettriche potenzialmente esplosive per la presenza di gas, esempi di applicazione"
- Norme CEI 64.8 e succ. varianti e ampliamenti. Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Norme CEI 70-1: "Gradi di protezione degli involucri (codice IP)"
- Norme CEI EN 62305 (CEI 81-10): "Protezione delle strutture contro i fulmini "
- Leggi, D.M., Circolari e norme UNI VV.F. in materia di Prevenzione Incendi.
- Norme CEI EN 61727 (CEI 82-9) : Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- Norme CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- Norme CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- Norme CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- Norme CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1 : Definizioni;
- Norme CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie composta da:
  - Norme CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
  - Norme CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
  - Norme CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- Norme CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- Norme CEI EN 60529 (CEI 70-1) : Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- Norme CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- Norme CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- Norme CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- Norme CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, ed in particolare:
- Norme CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti al momento della pubblicazione della presente specifica, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili. L'Impresa esecutrice deve inoltre attenersi, nell'attuazione del contratto, oltre che alle norme già citate nel presente capitolato, a tutte le norme dettate da leggi, decreti e regolamenti che riguardino in qualunque modo l'oggetto dei lavori, anche se emanati durante l'esecuzione degli stessi.

L'Impresa, con la presentazione della propria offerta, si impegna implicitamente all'osservanza scrupolosa delle norme richiamate nel presente articolo, assumendo su di sé la responsabilità di eventuali inadempienze e lasciandone manlevate ed indenni la Committenza e la Direzione dei Lavori.

Sono inoltre a carico dell'Impresa tutti gli oneri derivanti dall'acquisizione o produzione della documentazione necessaria richiesta dalle norme, leggi e regolamenti succitate.

### 3. Elementi principali d'impianto FV

#### 3.1 Moduli Fotovoltaici

Per il progetto in esame il numero complessivo di moduli fotovoltaici previsti è di 55.440, di seguito si riportano le caratteristiche in termini tecnici e qualitativi.

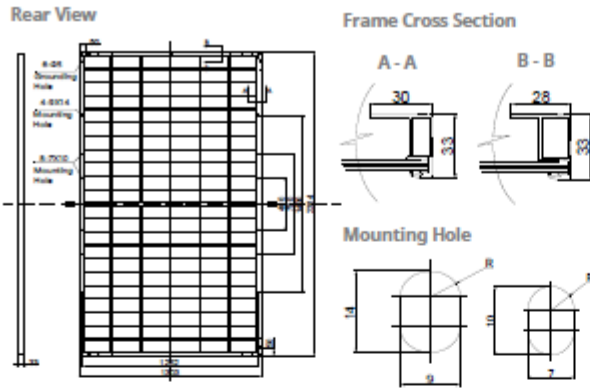
Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino del tipo bi-facciale con moduli di potenza pari a 710W.

- Tipologia cella: mono cristallino
- Dimensione modulo: 2384 x 1303 x 35 mm
- Vetro anteriore di spessore 2 mm con caratteristiche di elevata trasmissione della luce e antiriflesso
- Cornice in alluminio anodizzato
- Junction box IP68 rated
- Tensione di esercizio massima: 1500 IEC
- Elevata efficienza: 22.05 % (STC)

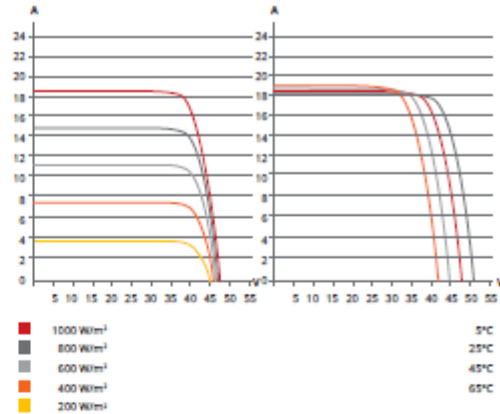


Disciplinare descrittivo e prestazionale

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS7N-695TB-AG / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
CS7N-685TB-AG	685 W	39.4 V	17.39 A	47.3 V	18.34 A	22.1%
Bifacial Gain**	5%	719 W	39.4 V	18.26 A	47.3 V	23.1%
	10%	754 W	39.4 V	19.13 A	47.3 V	24.3%
	20%	822 W	39.4 V	20.87 A	47.3 V	26.5%
CS7N-690TB-AG	690 W	39.6 V	17.43 A	47.5 V	18.39 A	22.2%
Bifacial Gain**	5%	725 W	39.6 V	18.30 A	47.5 V	23.3%
	10%	759 W	39.6 V	19.17 A	47.5 V	24.4%
	20%	828 W	39.6 V	20.92 A	47.5 V	26.7%
CS7N-695TB-AG	695 W	39.8 V	17.47 A	47.7 V	18.44 A	22.4%
Bifacial Gain**	5%	730 W	39.8 V	18.34 A	47.7 V	23.5%
	10%	765 W	39.8 V	19.22 A	47.7 V	24.6%
	20%	834 W	39.8 V	20.96 A	47.7 V	26.8%
CS7N-700TB-AG	700 W	40.0 V	17.51 A	47.9 V	18.49 A	22.5%
Bifacial Gain**	5%	735 W	40.0 V	18.39 A	47.9 V	23.7%
	10%	770 W	40.0 V	19.26 A	47.9 V	24.8%
	20%	840 W	40.0 V	21.01 A	47.9 V	27.0%
CS7N-705TB-AG	705 W	40.2 V	17.55 A	48.1 V	18.54 A	22.7%
Bifacial Gain**	5%	740 W	40.2 V	18.43 A	48.1 V	23.8%
	10%	776 W	40.2 V	19.31 A	48.1 V	25.0%
	20%	846 W	40.2 V	21.06 A	48.1 V	27.2%
CS7N-710TB-AG	710 W	40.4 V	17.59 A	48.3 V	18.59 A	22.9%
Bifacial Gain**	5%	746 W	40.4 V	18.47 A	48.3 V	24.0%
	10%	781 W	40.4 V	19.35 A	48.3 V	25.1%
	20%	852 W	40.4 V	21.11 A	48.3 V	27.4%
CS7N-715TB-AG	715 W	40.6 V	17.63 A	48.5 V	18.64 A	23.0%
Bifacial Gain**	5%	751 W	40.6 V	18.51 A	48.5 V	24.2%
	10%	787 W	40.6 V	19.39 A	48.5 V	25.3%
	20%	858 W	40.6 V	21.16 A	48.5 V	27.6%

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.  
 \*\* Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the around.

ELECTRICAL DATA | NMOT\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)
CS7N-685TB-AG	518 W	37.2 V	13.91 A	44.8 V	14.79 A
CS7N-690TB-AG	522 W	37.4 V	13.94 A	45.0 V	14.83 A
CS7N-695TB-AG	526 W	37.6 V	13.97 A	45.2 V	14.87 A
CS7N-700TB-AG	529 W	37.8 V	14.00 A	45.4 V	14.91 A
CS7N-705TB-AG	533 W	38.0 V	14.03 A	45.5 V	14.95 A
CS7N-710TB-AG	537 W	38.2 V	14.06 A	45.7 V	14.99 A
CS7N-715TB-AG	541 W	38.4 V	14.09 A	45.9 V	15.03 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	TOPCon cells
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in)
Weight	37.8 kg (83.3 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	360 mm (14.2 in) (+) / 200 mm (7.9 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
Per Pallet	33 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces or 495 pieces (only for US & Canada)

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

Figura 1 Caratteristiche pannello fotovoltaico

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

### 3.2 Inverter

Gli inverter previsti sono di tipo centrale e saranno posizionati vicino ai trasformatori all'interno di cabine prefabbricate.

Di seguito si riporta la scheda tecnica del prodotto:



*Figure 1 Inverter di campo*

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

SUN2000-330KTL-H1

Technical Specifications  
(Preliminary)

Efficiency		
Max. Efficiency		≥99.0%
European Efficiency		≥98.8%
Input		
Max. Input Voltage		1,500 V
Number of MPP Trackers		6
Max. Current per MPPT		65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		115 A
Max. PV Inputs per MPPT		4/5/5/4/5/5
Start Voltage		550 V
MPPT Operating Voltage Range		500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage		1,080 V
Output		
Nominal AC Active Power		300,000 W
Max. AC Apparent Power		330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		330,000 W
Nominal Output Voltage		800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		216.6 A
Max. Output Current		238.2 A
Adjustable Power Factor Range		0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion		< 1%
Protection		
Smart String-Level Disconnect(SSLD)		Yes
Anti-islanding Protection		Yes
AC Overcurrent Protection		Yes
DC Reverse-polarity Protection		Yes
PV-array String Fault Monitoring		Yes
DC Surge Arrester		Type II
AC Surge Arrester		Type II
DC Insulation Resistance Detection		Yes
AC Grounding Fault Protection		Yes
Residual Current Monitoring Unit		Yes
Communication		
Display		LED Indicators, WLAN + APP
USB		Yes
MBUS		Yes
RS485		Yes
General		
Dimensions (W x H x D)		1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)		≤108 kg
Operating Temperature Range		-25 °C ~ 60 °C
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 ~ 100%
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless

Figure 2 caratteristiche tecniche inverter

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

### 3.3 Cavi

Il cablaggio interno al campo fotovoltaico relativo alla parte di potenza del sistema prevede tre tipologie di connessioni: la prima collega le stringhe agli inverter collocati nelle vicinanze dei trasformatori, la seconda prevede il collegamento tra gli inverter e le cabine di trasformazione, la terza ed ultima tipologia riguarda la rete di media tensione che collega tutte le cabine di trasformazione al quadro elettrico generale di media tensione QMT posizionato all'interno della cabina di raccolta e poi il collegamento alla stazione di step up e quindi alla SE Terna.

#### **1° COLLEGAMENTO - INVERTER - STRINGHE**

##### Stringhe

Le stringhe fotovoltaiche normalmente sono installate all'esterno e sottoposte agli agenti atmosferici. Occorre pertanto che siano in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche e atmosferiche cui possono essere sottoposte durante la vita dell'impianto.

Generalmente si utilizzano cavi solari del tipo H1Z2Z2 per cablare i moduli di una stringa e cavi ordinari posati all'interno di tubi protettivi per gli altri collegamenti del circuito in c.c.

##### **DESCRIZIONE**

Cavo unipolare flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma.

##### Conduttore

Corda flessibile di rame stagnato, classe 5

##### Isolante

Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618 LSOH = Low Smoke Zero Halogen

##### Guaina esterna

Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618

##### Colore anime

Nero

##### Colore guaina

Blu, rosso, nero

##### **CARATTERISTICHE TECNICHE**

Tensione massima: 1800 V c.c. - 1200 V c.a.

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di esercizio: -40°C

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Temperatura minima di posa: -40°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Sforzo massimo di trazione: 15 N/mm<sup>2</sup>

Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo

CONDIZIONI DI IMPIEGO

Per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici. Adatti per l'installazione fissa all'esterno e all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi simili. Adatti per la posa direttamente interrata o entro tubo interrato. Per il dimensionamento del cavo, la tensione nominale (fornita dal costruttore) deve essere coordinata con quella del campo FV; assumendo come tensione nominale del circuito in c.c. la tensione di stringa a vuoto incrementata cautelativamente del 20%, la scelta del cavo va effettuata in modo tale da rispettare la condizione:

$$1,2 U_{oc,stringa} \leq 1,5 U_0 \text{ nel caso di sistemi floating o con un polo a terra}$$

$$1,2 U_{oc,stringa} \leq 1,5 U \text{ nel caso di sistemi con punto centrale a terra}$$

dove:

- ✓  $U_{oc,stringa}$  è la tensione a vuoto di stringa [V];
- ✓  $U_0$  è la tensione di isolamento verso terra del cavo, dichiarata dal costruttore [V];
- ✓  $U$  è la tensione di isolamento tra due conduttori isolati qualsiasi nel cavo, dichiarata dal costruttore [V].

Scelto il tipo di cavo da utilizzare si procede al dimensionamento della sezione applicando il criterio termico.

In accordo al criterio termico, la sezione  $S$  di un cavo è scelta tra quelle che, nelle condizioni di posa previste dal progetto, assicurano una portata del cavo  $I_z$  non inferiore alla corrente di impiego  $I_B$  del circuito.

Nel circuito in corrente continua, la corrente di impiego è pari a:

$$I_B = 1,25 I_{sc} \text{ per il cavo della singola stringa;}$$

Ai fini del corretto dimensionamento occorre verificare che:

$$I_B \leq I_z = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

dove:

$I_0$  è la portata del cavo in condizioni standard, il cui valore è deducibile dalle tabelle della norma CEI-UNEL 35024/1 e 35026 per i cavi ordinari, o fornito direttamente dal costruttore nel caso di cavi solari;

$K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  e  $K_4$  sono dei fattori di correzione da applicare qualora le condizioni di posa siano diverse da quelle standard:

- $K_1$  fattore di correzione per temperatura di posa diversa da quella standard;
- $K_2$  fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati nello stesso cavidotto;
- $K_3$  fattore di correzione per cavi interrati per profondità di interramento diversa da quella standard;
- $K_4$  fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella standard.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

I valori K2, K3 e K4 sono deducibili dalle suddette norme.

Il valore di K1 invece si calcola con la seguente espressione:

$$K1 = \sqrt{[(\theta_s - \theta_a) / (\theta_s - \theta_0)]}$$

in cui:

- ✓  $\theta_s$  è la temperatura di funzionamento ininterrotto del cavo, pari a 70°C per cavi ordinari in PVC e 90°C se in EPR. Per i cavi solari viene fornito dal costruttore ed in genere è intorno a 120°C;
- ✓  $\theta_a$  è la temperatura di posa, assunta pari a 80°C per posa su retro dei moduli, 40°C per posa in tubo o canale protettivo esposto al sole, 35°C per posa all'interno di locale contenente inverter e quadri campo;
- ✓  $\theta_0$  è la temperatura di riferimento per il calcolo della portata in condizioni standard, pari a 20°C per i cavi ordinari in posa interrata, 30°C per i cavi ordinari in posa in aria, il valore fornito dal costruttore per i cavi solari (in genere 60°C).

Scelta la sezione del cavo è necessario che la caduta di tensione percentuale sul lato corrente continua non superi un valore massimo pari al 2%.

La limitazione della caduta di tensione non dipende dalla necessità di mantenere elevata la tensione in ingresso all'inverter ma da quella di limitare le perdite di energia sulla sezione in c.c.

## **2° COLLEGAMENTO - INVERTER – CABINA DI TRASFORMAZIONE**

Generalmente si utilizzano cavi di bassa tensione, tipo ARE4EX 0.6/1 kV, per collegare l'uscita dell'inverter al dispositivo di protezione installato nel quadro MT/BT sito nella stazione di trasformazione.

### **DESCRIZIONE**

Cavo quadripolare ad elica visibile (precordato) di bassa tensione in alluminio rigido di classe 2, isolato in XLPE, con guaina in polietilene, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

#### Conduttore

Conduttore a corda rigida rotonda compatta di alluminio

#### Isolante

Polietilene reticolato

#### Guaina esterna

Mescola termoplastica di colore nero (qualità DM01)

#### Colore anime

Anima di fase:

ENEL ARE4\*EX 0.6/1 kV 95 PRYSMIAN (T)

IP 20## YY 0000 FASE 1 (2) (3)... FASE 1 (2) (3)...

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Anima di neutro:

ENEL ARE4\*EX 0.6/1 kV 50 PRYSMIAN (T)

IP 20## YY

Colore guaina

Nero

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione: 0.6/1 kV

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)

Temperatura minima di posa: 0°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm<sup>2</sup>

Raggio minimo di curvatura: 6 volte il diametro esterno massimo

CONDIZIONI DI IMPIEGO

Adatto per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche. Ammessa anche la posa interrata.

**3° COLLEGAMENTO - CABINA DI TRASFORMAZIONE- QMT (CABINA INTERFACCIA)**

Per realizzare l'anello di collegamento tra tutte le linee in partenza dal QMT generale e le relative cabine di trasformazione saranno utilizzati cavi media tensione, tipo ARE4H1R 18/30 kV.

**DESCRIZIONE**

Cavi unipolari isolati in XLPE senza piombo, sotto guaina di PVC.

Conduttore

Alluminio, formazione rigida compatta, classe 2

Semiconduttivo interno:

Estruso

Isolamento

Polietilene reticolato XLPE senza piombo

Semiconduttivo esterno:

mescola estrusa pelabile a freddo

Schermatura:

Fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Guaina esterna

Mescola a base di PVC, qualità ST2.

Colore

Rosso

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione: 18/30 kV

Temperatura massima di esercizio: +90°C

Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)

Resistenza elettrica massima dello schermo: 3  $\Omega$ /km

Temperatura minima di posa: 0°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Sforzo massimo di trazione: 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

Raggio minimo di curvatura: 12 volte il diametro esterno massimo

CONDIZIONI DI IMPIEGO

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

**4° COLLEGAMENTO - CABINA DI TRASFORMAZIONE- QMT (CABINA INTERFACCIA)**

Per realizzare l'anello di collegamento tra tutte le linee in partenza dal QMT generale e le relative cabine di trasformazione saranno utilizzati cavi media tensione, tipo ARE4H5E 18/30 kV.

**DESCRIZIONE**

Cavi unipolari isolati in XLPE senza piombo, sotto guaina di MDPE.

Conduttore

Alluminio, corda rigida compatta, classe 2

Semiconduttivo interno:

Mescola Semiconduttiva Estrusa Termoindurente

Isolamento

XLPE

Semiconduttivo esterno:

Mescola Semiconduttiva Estrusa Termoindurente (saldato)

Nastro water blocking

Nastro semiconduttivo per bloccare l'umidità



## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Schermatura:

Nastro di alluminio laminato.

Guaina:

MDPE.

Colore

Rosso

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione: 18/30 kV

Temperatura massima di esercizio: +90°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Raggio minimo di curvatura: 20 volte il diametro esterno massimo

CONDIZIONI DI IMPIEGO

Per installazione fissa all'aperto. Normalmente utilizzato per la distribuzione di energia nelle reti urbane e negli impianti industriali. Adatto per la posa interrata o per posa in aria libera, in tubo o canale.

**5° COLLEGAMENTO – CONTAINER BESS- PCS**

Cavo multipolare per energia isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR),

- tensione nominale 0.6/1 kV
- Temperatura massima di esercizio 90°C
- Temperatura minima di esercizio -15°C
- Temperatura minima di posa 0°C
- Temperatura massima di corto circuito 250° C
- Sforzo massimo di trazione 50N/mm<sup>2</sup>

CONDUTTORE	CORDA FLESSIBILE DI RAME ROSSO RICOTTO, CLASSE 5
ISOLANTE	MESCOLA DI GOMMA ETILPROPILENICA AD ALTO MODULO DI QUALITÀ G16
RIEMPITIVO	MESCOLA DI MATERIALE NON IGROSCOPICO
GUAINA ESTERNA	MESCOLA DI PVC DI QUALITÀ R16
COLORE ANIME	NORMATIVA HD 308
COLORE GUAINA	GRIGIO

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Condizioni di impiego= Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo. Per impiego all'interno in locali anche bagnati o all'esterno (AD7). Adatto per posa fissa su murature e strutture metalliche in aria libera, in tubo o canaletta o sistemi simili. Ammessa anche la posa interrata. Buona resistenza agli oli e ai grassi industriali (rif. CEI 20-67).

**6° COLLEGAMENTO – PCS- STEP UP**

Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2. Semiconduttore interno elastomerico estruso Isolamento in HEPR di qualità G16 Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta Schermo costituito a fili di rame rosso Guaina in PVC qualità R12.

Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Adatti per L'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obbiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta.

- Tensione nominale  $U_0$  da 1,8kV a 18kV
- Tensione nominale  $U$  DA 3KV A 30KV
- Temperatura massima di esercizio +90°C
- Temperatura massima di corto circuito +250°C
- Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico) -15°C
- Temperatura minima di installazione e maneggio 0°C

**7° COLLEGAMENTO – STEP UP - RTN**

Cavi in alta tensione di tipo unipolare con conduttore in alluminio compatto tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato, schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna. Ciascuna linea con 3 cavi disposti a trifoglio.

### 3.4 Cabine elettriche

Lo schema di cabina deve essere conforme a quanto previsto dal documento di unificazione 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". Eventuali modifiche allo stesso derivante da eventuali disposizioni dell'ente distributore più recenti potranno essere prese in considerazione. Le modalità di alimentazione saranno funzione della potenza impegnata, del numero di trasformatori e della configurazione della rete MT. Il dispositivo generale deve essere costituito a partire dal lato MT da una terna di lame di messa a terra, da un sezionatore tripolare e da un interruttore fisso/interruttore estraibile. Devono inoltre essere realizzati tutti gli interblocchi del caso per evitare manovre errate. In particolare, la terna di lame di terra dello scomparto arrivo della sezione ricevitrice deve essere vincolata con un dispositivo di blocco meccanico sigillato dal distributore (la manovra in chiusura della terna di lame di messa a terra deve essere possibile solo previa autorizzazione dell'ente

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

distributore); la terna di lame di messa a terra dello scomparto protezione generale/protezione trasformatore deve essere interbloccata meccanicamente con il sezionatore (la manovra di chiusura della terna di lame di messa a terra deve essere possibile solo a sezionatore aperto); il sezionatore deve essere interbloccato meccanicamente con l'interruttore (la manovra di apertura del sezionatore deve essere possibile solo a interruttore aperto); la porta dello scomparto arrivo/protezione trasformatore deve essere interbloccata meccanicamente con la terna di lame di messa a terra (la porta deve potersi aprire solo se la terna di lame di messa a terra è nella posizione di chiuso). La protezione contro le sovracorrenti deve essere realizzata per mezzo dell'interruttore dello scomparto protezione generale azionato da idoneo relè la cui taratura deve essere concordata con l'ente distributore (settori tecnici della distribuzione del compartimento di appartenenza).

La protezione contro i guasti di terra deve essere realizzata per mezzo di rilevatori di corrente omopolare alimentati tramite trasformatore toroidale. Anche la protezione contro i guasti di terra deve avere taratura concordata con l'ente distributore.

### **IMPIANTO DI VENTILAZIONE**

Il locale utente, (vano ove sono alloggiati le apparecchiature di proprietà dell'utente quali il trasformatore, gli scomparti MT e bt, gruppi di continuità assoluta, soccorritori, ...) deve essere dotato di idoneo sistema di ventilazione naturale/forzata (o di condizionamento) atto a garantire che nel periodo estivo con trasformatore/i a pieno carico la temperatura interna non superi comunque i 40°C.

### **RAFFREDDAMENTO CON VENTILAZIONE FORZATA**

Deve essere previsto un elettroventilatore con portata calcolata (valore indicativo) con la formula  $Q=0.5 \cdot P$  m<sup>3</sup>/s (P: perdite totali in kW del trasformatore e delle altre apparecchiature) comandato da termostato ambiente attraverso un contattore che entrerà in funzione ogniqualvolta la temperatura all'interno della cabina risultasse eccessivamente elevata.

### **RAFFREDDAMENTO CON VENTILAZIONE NATURALE**

Devono essere previste due aperture, una d'entrata di aria fresca di sezione  $S=0,18 \cdot P/H^{1/2}$  situata nella parte bassa del locale (P: somma delle perdite in kW delle apparecchiature, H: differenza d'altezza tra l'apertura d'ingresso e quella d'uscita) l'altra d'uscita dell'aria calda  $S'=1,1 \cdot S$  situata possibilmente nella parte opposta del locale ad un'altezza H dall'apertura d'ingresso.

### **RAFFREDDAMENTO CON IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO**

Tale impianto è da realizzare nei locali in cui sono alloggiati prevalentemente apparecchiature di tipo elettronico (centraline impianti speciali, PLC,...). Devono essere previste unità esterne ed interne aventi idonea potenzialità frigorifera.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

**IMPIANTO LUCE, FM E SPECIALI IN CABINA**

L'impianto elettrico BT di cabina dovrà comprendere l'impianto di illuminazione generale dimensionato per avere un livello di illuminamento medio non inferiore a 200-250 lx, un impianto di illuminazione di emergenza (con corpi del tipo autoalimentato o alimentati da soccorritore) che garantisca per circa due ore un illuminamento medio pari a circa 10 lx ed un impianto forza motrice (FM) costituito da quadretti prese CEE interbloccate di servizio. La dotazione impiantistica della cabina sarà completata con eventuali impianti speciali (rivelazione incendi, spegnimento, antintrusione...). Le dimensioni dei cunicoli e/o delle tubazioni annegate nella platea della cabina per il passaggio dei conduttori devono avere dimensioni appropriate. In particolare, si dovranno evitare eccessivi stipamenti dei cavi, raggi di curvatura eccessivamente ridotti e promiscuità tra cavi per MT, cavi per bt e cavi per impianti speciali.

**IMPIANTO DI TERRA**

Lungo le pareti, ad una altezza di circa 50 cm, dovrà essere realizzato un collettore di terra costituito da un anello in piatto di rame o di acciaio zincato da 30x5 mm. L'anello dovrà essere collegato alla rete elettrosaldata presente nella platea di fondazione almeno in corrispondenza degli angoli di ciascun locale. Al collettore dovranno essere collegate tutte le parti metalliche e le apparecchiature di cabina. In particolare:

- a) Porte e finestre metalliche
- b) Carpenterie dei quadri elettrici
- c) Carcasse dei trasformatori
- d) Centri stella del /i trasformatore/i
- e) Rotaie dei trasformatori
- f) Passerelle e canaline metalliche (se necessario)

I collegamenti a terra di parti mobili dovranno essere realizzati tramite piattelle in acciaio zincato interrate in scavo predisposto

Il dispersore sarà integrato con elementi verticali (picchetti) e sarà collegato ai ferri di armatura della fondazione.

**ACCESSORI**

Dovranno essere forniti i seguenti accessori (dotazione minima):

- a) Tappeto isolante 30 kV, posizionato a pavimento sul fronte degli scomparti di media tensione per tutta la loro lunghezza
- b) Quadro con evidenziato lo schema elettrico della cabina da installare a parete
- c) Estintori in numero e tipo indicato negli altri elaborati di progetto fissati a parete in posizione opportuna
- d) Tavolino con sedia ed armadietto
- e) Lampada portatile di emergenza con batterie sempre in carica
- f) Cartelli monitori previsti dal D.Lgs 81/08

### 3.5 Sistema di distribuzione TN

La protezione contro i contatti indiretti, in un sistema TN, deve essere garantita mediante una o più delle seguenti misure:

- a) tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee, e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo differenziale;
- b) utilizzo di componenti di classe II;
- c) realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento.

Per la protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN è necessario che in ogni punto dell'impianto sia rispettata la condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

$U_0$  è la tensione di fase (stellata)

$Z_g$  è l'impedenza dell'anello di guasto

$I_a$  è la corrente di intervento in 5 s, 0.4 s o 0,2 s (a seconda del caso) del dispositivo di protezione.

Tempi di intervento non superiori a 0.4 s sono prescritti per tutti i circuiti terminali. Per i circuiti di distribuzione (dove le probabilità di guasto sono minori), sono ritenuti sufficienti tempi di intervento pari a 5 s. Nell'impossibilità di soddisfare a tale relazione con i dispositivi magnetotermici preposti alla protezione delle linee è previsto il ricorso a sistemi di protezione differenziali.

Nei tratti della rete di distribuzione dove è previsto il sistema TN-C il dispositivo differenziale non può essere utilizzato. Nel caso di utilizzo, a diversi livelli dell'impianto, di più dispositivi differenziali, dovrà essere garantita la selettività di intervento.

### 3.6 Trasformatore MT/BT e BT/BT

Nel presente paragrafo vengono definiti i requisiti principali che dovranno essere soddisfatti dai trasformatori di potenza MT/BT e BT/BT laddove presenti.

I trasformatori dovranno essere, per quanto possibile, costruiti secondo procedure normalizzate così da garantire la reperibilità sul mercato per tutta la durata di vita prevista e dovranno essere adatti per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti da un eventuale corrente di guasto. Si dovranno inoltre limitare i rumori e le vibrazioni emesse dalla macchina al di sotto delle soglie imposte per legge.

I trasformatori di media tensione MT/BT 30/0.8 kV saranno di tipo trifase in resina ed avranno le seguenti caratteristiche:

#### **Nucleo**

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Realizzato con lamierini al silicio a cristalli orientati a bassa cifra di perdita, con taglio a 45° e montaggio step-lap in modo da ridurre al minimo la rumorosità.

### **Avvolgimenti**

Realizzati con l'impiego di macchine computerizzate in grado di assicurare una giusta trazione del conduttore ed ottenere bobine perfettamente omogenee e simmetriche. Avvolgimenti BT - costruiti in nastro (rame o alluminio) per garantire una migliore resistenza agli sforzi elettrodinamici dovuti a corto circuiti e con isolamento in carta di pura cellulosa. Avvolgimenti MT - costruiti in filo smaltato o piattina ricoperta da carta di pura cellulosa.

### **Isolatori**

Sono del tipo passante in porcellana, rispondenti alle norme UNEL, scelti in base alle correnti nominali ed alla classe di isolamento del trasformatore.

### **Commutatori di tensione**

Viene posto sotto il coperchio e manovrato esternamente per regolare la tensione d'uscita del trasformatore.

### **Cassa**

Costituita da lamiera e profilati d'acciaio con sistemi di raffreddamento ad onde o radiatori.

### **Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT 20/0.8 kV**

Le prestazioni elettriche dovranno essere comprese nell'ambito dei valori limite previsti per la classificazione delle macchine a "basse perdite" esemplificate nelle taglie di seguito indicate per macchine MT/BT:

- a) Potenza nominale: kVA 6600/3300;
- b) Tensione primario: 30 kV
- c) Collegamento primario Triangolo
- d) Tensione secondario 0.8 kV
- e) Collegamento secondario Stella+N
- f) Tensione di c.c. (%) 7,5/8
- g) Campo di regolazione tensione (%)  $\pm 2 \times 2.5\%$
- h) Gruppo Dyn11
- i) Classe di isolamento MT (kV) FI 28-50
- j) Classe di isolamento BT (kV) FI 3
- k) Frequenza (Hz) 50-60
- l) Classe di isolamento F/F

I trasformatori dovranno essere costruiti secondo le normative vigenti in materia.

### **Collegamenti di bassa tensione**

I collegamenti tra trasformatori e quadri generali di bassa tensione all'interno delle cabine elettriche

### Disciplinare descrittivo e prestazionale

dovranno essere eseguiti in blindosbarra a cinque conduttori,  $3F+N/2+PE/2$ , per potenze di trasformazione superiori a 400 kVA, mentre per tagli uguali od inferiori a 400 kVA saranno in cavo di tipo non propagante l'incendio, grado di isolamento 4, con conduttori in rame rivestiti di guaine. I cavi di potenza dovranno essere di tipo unipolare mentre gli ausiliari potranno essere multipolari.

#### **Collegamenti di Media Tensione**

Collegamenti di media tensione tra i quadri e i trasformatori dovranno essere eseguiti con cavi di media tensione di tipo ARE4H1R o simili – 18/30 kV con sezione come previsto da progetto. I cavi dovranno essere conformi alle Norme CEI 20-29/20- 11/20-13 e dovranno essere forniti completi di terminazioni adatte per terminali di tipo "prefabbricate" sui terminali MT sulle macchine di trasformazione. I cavi MT e BT dovranno essere fissati alle pareti del locale (o al box di protezione trasformatore) con adeguati telai di sostegno ed in modo tale che risulti agevole e poco "distruttiva" l'estrazione del trasformatore in caso di manutenzione e/o sostituzione, Tutti i collegamenti ausiliari andranno posati entro guaine protettive e le connessioni andranno eseguite entro cassette dedicate di tipo isolante. Dovrà comunque essere garantito un grado di protezione IP30. I collegamenti saranno infine contrassegnati in modo leggibile e permanente con le stesse sigle riportate negli schemi elettrici.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

### 3.7 Quadri elettrici

#### **Quadri di media tensione**

I quadri di media tensione dovranno essere di tipo protetto realizzati affiancando scomparti completamente normalizzati, contenenti componenti di media tensione pure normalizzati, progettati singolarmente ed assemblati in modo che soddisfino i criteri di impianto e gli schemi indicati negli elaborati di progetto.

Caratteristiche tecniche

Caratteristiche ambientali:

- a) Temperatura ambiente massima 40°C
- b) Temperatura ambiente media (rif. 24 h) 35°C
- c) Temperatura ambiente minima -10°C
- d) Umidità relativa massima 25°C 90%
- e) Installazione all'interno di un fabbricato in muratura

Caratteristiche elettriche:

- a) Livello di isolamento nominale 36 kV
- b) Tensione di esercizio 30 kV
- c) Frequenza nominale 50±2,5% Hz
- d) Sistema elettrico trifase
- e) Stato del neutro isolato
- f) Tensione di tenuta a 50Hz per 1 min. 50 kV
- g) Tensione di tenuta ad impulso 125 kV
- h) Corrente nominale sbarre principali e derivate 1250A
- i) Corrente nominale amm.le di breve durata per 1 sec. 16 kA
- j) Tensione nominale circuiti ausiliari 230V-24V-50Hz
- k) Tensione nominale circuiti illuminazione e riscaldamento 230V-50Hz
- l) Grado di protezione a vano chiuso IP2XC

Rispondenza a norme tecniche e leggi antinfortunistiche: per quanto non espressamente precisato nel presente Capitolato, i quadri dovranno essere rispondenti alle norme CEI vigenti in materia al momento della realizzazione.

#### **Caratteristiche costruttive e composizione**

I quadri saranno costituiti da scomparti affiancati in esecuzione segregata, compartimentati in celle elementari metallicamente segregate le une dalle altre in modo da impedire la propagazione di eventuali archi interni. Ogni cella elementare dovrà essere dimensionata per sostenere le sollecitazioni prodotte dalle



## Disciplinare descrittivo e prestazionale

formazioni di arco interno e pertanto dovrà essere classificata “resistente ad arco interno su fronte”. Le celle di scomparto saranno conformi allo schema di distribuzione di ogni cabina elettrica e precisamente:

- a) Ingresso alimentazione
- b) Scomparto di sezionamento generale e TA
- c) Scomparto di risalita se necessario
- d) Scomparto strumenti di misura (TV) e fusibili se necessario
- e) Scomparto di sezionamento e protezione linee MT in arrivo
- f) Scomparto protezione trasformatori e TA protezioni
- g) Scomparto con scaricatori di sovratensione
- h) Canalina interconnessioni ausiliarie
- i) Cassetta per apparecchiature di bassa tensione
- j) Sbarre di collegamento

### 3.8 Prescrizione costruttive e funzionale degli scomparti e delle relative celle di compartimentazione

#### **Cella sbarre principali**

La cella sbarre di ciascun scomparto dovrà essere adeguatamente compartimentata mediante interruttore di manovra di tipo rotativo che in posizione di aperto dovrà evitare l'accesso alle parti in tensione. Opportuni diaframmi isolanti dovranno segregare in modo univoco in direzione verticale ed orizzontale. L'accesso alle sbarre sarà possibile solo a quadro completamente fuori tensione tramite pannelli sbullonabili con l'uso di utensili specifici.

#### **Cella ingresso**

La cella interruttore dovrà essere disposta nella parte frontale dello scomparto. In sommità la cella dovrà essere equipaggiata di interruttore di manovra di tipo rotativo segregato in SF6 o entro custodia sottovuoto di portata 1250/630A a 30 kV in grado di compartimentare lo scomparto sbarre. L'interruttore generale di manovra dovrà essere assemblato alla carpenteria in modo da impedire contatti con parti in tensione, sia con interruttore in posizione di inserito sia in posizione di sezionato. La cella di arrivo dell'alimentazione dovrà essere segregata dalle celle di sbarra previste in sommità al quadro. La messa a terra della linea in arrivo dovrà essere possibile solo dallo scomparto uscita. L'interruttore sezionatore dovrà poter assumere, rispetto alla parte fissa del quadro le seguenti posizioni:

- a) Inserito: circuiti principali ed ausiliari collegati elettricamente
- b) Sezionato: circuiti principali sezionati e circuiti ausiliari elettricamente collegati Le posizioni di cui sopra dovranno essere rilevate da dispositivi meccanici e segnalate a distanza tramite contatti elettrici di fine corsa portati in morsettiera.

La cella dovrà contenere:

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- a) Sezionatore di terra con potere di interruzione da 16 kA
- b) Trasformatori toroidali
- c) Divisori capacitivi di presenza tensione

Sulla porta dovranno essere previsti gli oblò di ispezione interna.

**Cella strumenti di bassa tensione**

Nella cella strumenti, prevista sopra la cella interruttore, dovrà essere contenuta tutta l'apparecchiatura di bassa tensione di normale impiego. In particolare:

- a) Le morsettiere e la cavetteria (in apposite canalette) per le interconnessioni fra gli scomparti e per l'allacciamento dei cavetti ausiliari
- b) Gli accessori ausiliari dell'interruttore e dello scomparto (strumenti di misura, relè di protezione, dispositivi di comando e segnalazione, fusibili, interruttori di bassa tensione, ecc.)
- c) I contatti ausiliari di posizione dell'interruttore (inserito/sezionato)
- d) L'alimentazione del circuito di sgancio

**Cella interruttore automatico in gas o sottovuoto**

Dovrà essere prevista a monte dei collegamenti in cavo

Sarà equipaggiata con:

- a) Sezionatore rotativo di segregazione del vano sbarre dal vano interruttore
- b) Interruttore automatico in esafluoruro "SF6" di tipo estraibile a comando motorizzato per il ricaricamento delle molle
- c) Trasformatori amperometrici di alimentazione delle protezioni a relè o a microprocessore
- d) Protezioni 50-51-51N in allestimento integrato su interruttore o in unità multifunzione
- e) Collegamento seriale delle misure e degli allarmi nel caso di adozione di centralina di protezione a microprocessore e /o di contatti ausiliari per la remotizzazione degli allarmi digitali nel caso di impiego di relè diretti ed indiretti
- f) Divisori capacitivi
- g) Contatti ausiliari per la segnalazione dello stato di manovra delle protezioni
- h) Terminali di MT per collegamenti in cavo
- i) Bobina di sgancio emergenza

**Canaletta interconnessioni**

All'interno si dovranno prevedere canalette per la raccolta delle connessioni ausiliarie fra i vari scomparti e verso l'impianto esterno. Il fronte del quadro e le coperture dovranno essere integri ed esenti da lavorazioni aggiuntive.

**Sicurezze funzionali e antinfortunistiche**

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Con tutti i circuiti a media tensione attivi dovranno essere possibili, senza pericolo, le seguenti attività.

Dall'esterno del quadro mantenendo la continuità del suo involucro ed il grado di protezione per esso prescritto:

- Comando elettrico di apertura degli apparecchi di interruzione e sezionamento per i quali esso è previsto in progetto
- Comando meccanico di apertura e chiusura degli apparecchi privi di comando elettrico; per i sezionatori dovrà essere possibile anche il bloccaggio in posizione di "chiuso" o di "aperto" a mezzo dispositivo di blocco con chiave asportabile
- Controllo diretto a vista, senza dover ricorrere all'apertura di portelle, della posizione dell'interruttore
- Verifica della presenza della tensione sulle linee a media tensione raccordate al quadro e della corrispondenza delle fasi

Dopo l'apertura di portelle incernierate dotate di blocchi elettrici tali da rendere inaccessibili le apparecchiature sotto tensione a frontale aperto:

- Manovre di separazione e reinserzione degli apparecchi "estraibili" • Comando meccanico di apertura e chiusura di apparecchi di interruzione
- Ispezioni in servizio degli apparecchi elettrici a bassa tensione di protezione, comando, segnalazione e misura

### **Circuiti a media tensione**

I circuiti principali saranno costituiti da un unico sistema a sbarre di rame argentato nelle giunzioni e rivestito in resina epossidica. Le sbarre così rivestite dovranno essere adatte per le relative correnti nominali con i limiti di sovratemperatura ammessi dalle Norme e a resistere termicamente alle correnti di breve durata previste. I supporti isolanti delle sbarre, dei sezionatori, dei fusibili, dei contatti fissi degli apparecchi estraibili dovranno essere in araldite od in resina epossidica di analoghe caratteristiche isolanti. Le sbarre, unitamente ai relativi supporti isolanti di cui sopra, dovranno resistere agli sforzi meccanici derivanti dai valori massimi iniziali delle correnti di breve durata previste. Non saranno ammessi diaframmi con materiali isolanti per conseguire il livello di isolamento prescritto; il loro uso sarà consentito per la compartimentazione delle valvole fusibili in modo da ostacolare l'innesco dell'arco tra le fasi nel caso di una loro esplosione. Tutti i materiali isolanti impiegati dovranno avere e mantenere nel tempo elevate caratteristiche dielettriche e meccaniche; in particolare avranno un'ottima resistenza alle scariche superficiali e non propagheranno la fiamma. L'impiego di cavi unipolari, anche di media tensione, per derivare dalle sbarre i TV od apparecchi interni al quadro, non sarà consentito.

### **Circuiti di terra**

Tutte le parti metalliche, i sezionatori di terra ed i secondari dei trasformatori di misura dovranno essere allacciati mediante conduttori ad una sbarra colletttrice di rame disposta lungo tutto il quadro. Tale sbarra dovrà essere allacciata al sistema di terra generale dell'impianto. Essa dovrà essere dimensionata secondo quanto prescritto dall'art. 20 delle Norme CEI 17-6. Tutti i conduttori di terra dovranno avere guaina gialloverde e dovranno essere dimensionati per la corrente di breve durata ammissibile prevista per il quadro senza che si generino sollecitazioni termiche tali da deteriorare gli isolanti e la conformazione stessa dei

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

conduttori e che possano resistere agli sforzi elettromeccanici senza subire deformazioni permanenti o manifestare rotture. Per le portelle incernierate e le serrande, l'interconnessione con la carpenteria, o direttamente con la barra di terra, dovrà essere realizzata mediante corda in rame di sezione minima pari a 25 mmq. Per la messa a terra degli apparecchi estraibili dovranno essere previsti appositi contatti a tulipano con pinze di tenuta in modo che, nelle operazioni di estrazione ed inserzione, siano i primi a stabilire il contatto e gli ultimi ad interromperlo. La barra di terra del quadro di media tensione dovrà essere provvista di opportuni attacchi per il collegamento intermedio di tutti i moduli e di attacchi di estremità per il collegamento alla barra generale di cabina elettrica.

Poiché le tensioni di contatto e di passo dipendono sia dalla tensione totale di terra del dispersore, sia dai potenziali che si stabiliscono sulla superficie del terreno, l'efficacia dell'impianto di terra è tanto più elevata quanto minore è la resistenza di terra del dispersore e quanto più esso è in grado di realizzare una elevata equipotenzialità sulla superficie del terreno.

Il dispersore deve, perciò, avere una geometria tale da assicurare un andamento del potenziale sulla superficie del terreno il più possibile uniforme ed una sufficiente equipotenzialità fra massa e terreno circostante. Quindi l'impianto di terra nella sua completezza per la protezione dai contatti indiretti per sistemi di seconda e terza categoria deve mantenere tensioni di contatto e di passo nei limiti dettati dalla normativa CEI EN 50522 e CEI EN 61936-1. Tali valori sono legati alla resistenza di terra che presenta l'impianto disperdente e la corrente di guasto messa in gioco dall'impianto elettrico di alimentazione.

### **Circuiti ausiliari**

All'interno di ciascuna cella ausiliari di BT, dovrà essere prevista una morsettiera terminale alla quale faranno capo i circuiti di misura e di protezione (secondari dei TA e dei TV) ed i circuiti di comando e segnalazione relativi alle apparecchiature installate nello scomparto. All'interno della cella strumenti dello scomparto protezione trasformatore dovrà essere installata la centralina di rilevamento della temperatura delle colonne del trasformatore. La morsettiera dovrà essere costituita da morsetti componibili in melammina e dovrà avere una numerazione progressiva. I singoli morsetti dovranno essere con fissaggio a vite del tipo antivibrante, adatti a ricevere conduttori delle seguenti sezioni:

- a) Fino a 6 mmq, per i circuiti amperometrici, voltmetrici, delle alimentazioni e termocoppie
- b) Fino a 10 mmq per i circuiti dei resistori anticondensa e per le alimentazioni in classe 0

I morsetti dei circuiti voltmetrici dovranno essere del tipo sezionabile; quelli dei circuiti amperometrici del tipo sezionabile-cortocircuitabile.

I circuiti ausiliari dovranno essere eseguiti mediante cavi e/o conduttori aventi le seguenti caratteristiche:

Avere conduttori flessibili in rame con sezione:

- ✓ non inferiore a 1,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti normali (comunque di sezione tale da non causare cadute di tensione superiori del 3% del valore nominale nei casi di solenoidi, resistenze, ecc.)
- ✓ non inferiore a 2,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di misura voltmetrici ed amperometrici
- ✓ non avere sezione inferiore a 4 mm<sup>2</sup> per l'alimentazione delle resistenze anticondensa

Avere un isolamento adatto per le seguenti tensioni di esercizio:

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- ✓ U<sub>o</sub>/U 0,6/1 kV per i cavi con guaina
- ✓ U<sub>o</sub>/U 0,45/0,75 kV per cavi senza guaina

Non essere propaganti l'incendio secondo le Norme CEI 20-22/2, 20-35, 20-36.

Negli eventuali attraversamenti delle lamiere metalliche di divisione i cavi e/o i conduttori dovranno avere il rivestimento isolante non direttamente a contatto con la lamiera, ed essere opportunamente protetti con materiali non metallici resistenti all'invecchiamento e non propaganti la fiamma. Le canalette in plastica contenenti i vari conduttori di cablaggio interno agli scomparti dovranno essere di materiale autoestinguente e non dovranno essere occupate per più del 70% della loro sezione. In corrispondenza dei terminali, che dovranno essere del tipo a pressione preisolati, i conduttori saranno corredati di contrassegni la cui siglatura dovrà corrispondere a quella riportata sugli schemi elettrici approvati dalla Direzione Lavori. I conduttori dei collegamenti agli apparecchi montati su portelle dovranno essere raggruppati in fasci flessibili disposti, ancorati e protetti in modo tale da escludere deterioramento meccanico e sollecitazioni sui morsetti durante il movimento delle ante. Tutti i circuiti in arrivo e partenza dovranno far capo a morsettiere terminali ubicate in posizione facilmente accessibile e da concordare con la Committente; a queste morsettiere dovranno inoltre essere connessi tutti i contatti di relè, strumenti, apparecchi, anche se non utilizzati, eccezione fatta per quelli che sono collegati ad apparecchi contenuti nello stesso quadro.

Tutte le indicazioni di stato e i comandi di ogni apparecchiatura del circuito di potenza dovranno essere riportati in morsettiera per poter essere telecontrollati dal posto operatore del sub-centro.

### **Interruttori**

Gli interruttori dovranno essere del tipo ad isolamento in SF<sub>6</sub> o con camere di interruzione sottovuoto di primario Costruttore. Dovranno essere muniti di comando motorizzato di chiusura ed apertura, nonché di segnalazioni di dette posizioni visibili dall'esterno a cella chiusa. Gli interruttori dovranno essere inoltre predisposti per il comando elettrico a distanza di chiusura ed apertura. Per i contatti di fine corsa, relativi alle posizioni assunte dall'interruttore, dovranno essere disponibili e riportati in morsettiera n. 5 contatti ausiliari in apertura e n. 5 in chiusura liberi da tensione. I circuiti di bassa tensione dell'interruttore dovranno far capo ad un apposito connettore ad innesto. Per la sicurezza di esercizio dovranno essere previsti i seguenti blocchi e dispositivi sull'interruttore:

- a) blocco meccanico che impedisce l'inserzione e la disinserzione dell'interruttore quando lo stesso è in posizione di chiuso
- b) blocco meccanico che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore nelle posizioni intermedie fra inserito e sezionato
- c) blocco meccanico che impedisce l'inserzione dell'interruttore quando è chiuso il relativo sezionatore di terra
- d) blocco meccanico che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore se non è inserito il connettore dei circuiti ausiliari ed impedisce l'estrazione dello stesso ad interruttore chiuso
- e) blocco a chiave che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore se non è inserita la chiave; la stessa rimane bloccata ad interruttore chiuso
- f) blocco meccanico che impedisce l'estrazione dell'interruttore se l'otturatore metallico, azionato

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

meccanicamente, non è bloccato nella posizione di chiuso ad interruttore asportato; sarà escluso l'accesso involontario alle parti in tensione.

### **Sezionatori di terra**

I sezionatori di terra dovranno essere equipaggiati di comando manuale locale. Il comando dovrà essere corredato di blocco, di contatti ausiliari di fine corsa liberi da tensione, dei quali, 2 NA + 2 NC a disposizione e riportati in morsettiera. I sezionatori di terra saranno inoltre provvisti di:

- a) blocco meccanico che impedisce la chiusura del sezionatore quando l'interruttore è in posizione di inserito, o viceversa, impedisce lo spostamento dell'interruttore verso la posizione di inserito quando il sezionatore è in posizione di chiuso
- b) blocco a chiave, con chiave asportabile che permette di bloccare il sezionatore in posizione di "aperto o "chiuso"
- c) blocco meccanico, che impedisce l'apertura della portella della cella cavi di potenza quando il sezionatore è nella posizione di "aperto"
- d) blocco meccanico, che impedisce di aprire il sezionatore quando la portella della cella cavi di potenza è aperta.

### **Trasformatori di misura**

I riduttori di corrente dovranno essere tali da resistere termicamente alle correnti di breve durata e meccanicamente ai loro valori massimi iniziali. I trasformatori di misura dovranno essere scelti in modo da garantire il corretto funzionamento degli apparecchi di protezione e misura da essi alimentati. I trasformatori di corrente destinati al rilievo delle correnti sulle linee in arrivo ed in partenza dal quadro dovranno essere sistemati in posizione fissa nella cella linea. Qualunque sia la funzione dei TA installati in posizione fissa, una volta aperto il pannello di chiusura della cella nella quale sono sistemati, si dovrà poter accedere facilmente ai loro morsetti per operare serraggi, cambi di rapporto (ove previsti), ecc. senza necessità di rimuovere i TA o qualsiasi altro apparecchio o collegamento esistente nella cella. In particolare, i trasformatori di misura dovranno essere conformi alle Norme CEI 38.3 per quanto riguarda le prove di misura delle scariche parziali. Per evitare sovratensioni che si potrebbero generare in seguito al verificarsi di fenomeni di risonanza, i TV dovranno essere costruiti con un avvolgimento secondario a triangolo aperto con un'adeguata resistenza. La resistenza dovrà essere compresa nella fornitura del quadro.

### **Segnalatori e blocchi di presenza tensione**

Ogni sezione di quadro dovrà essere munita di un dispositivo di segnalazione presenza tensione sulla linea in arrivo od in partenza. Il dispositivo dovrà essere applicato a ciascuna fase, dovrà essere costituito da lampade a bassa tensione alimentate da partitori capacitivi. La segnalazione dovrà essere efficace anche quando la tensione di linea scenderà al 70% della tensione nominale. Le lampade dovranno essere poste ben visibili accanto al comando manuale del sezionatore di terra e dovranno essere intercambiabili dall'esterno del quadro.

### **Relè ed interruttori ausiliari**

Ciascun apparecchio dovrà essere munito di custodia di protezione. Tutti i tipi di relè dovranno essere in esecuzione estraibile. Gli interruttori di protezione dei circuiti ausiliari dovranno essere adatti ad

---

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

interrompere le massime correnti di guasto a cui possono essere assoggettati. Gli interruttori destinati ai circuiti di comando degli apparecchi a media tensione dovranno essere dotati di contatti ausiliari per segnalazione d'interruttore aperto.

### **Resistenze anticondensa**

Ogni scomparto di quadro dovrà essere munito di una o più resistenze anticondensa complete di un termostato che le inserisca o disinserisca automaticamente.

### **Illuminazione interna della cella**

Le celle dovranno essere munite di armature per illuminazione, complete di lampade a incandescenza che si accenderanno dall'esterno a mezzo di interruttori predisposti nell'involucro esterno del quadro. La sostituzione delle lampade contenute nelle celle potrà essere eseguita senza rimuovere parti di altri circuiti.

### **Particolarità costruttive**

- a) La struttura del quadro dovrà essere costruita in modo che per l'intervento o la manovra (in particolare estrazione ed inserzione) degli apparecchi d'interruzione non si verifichino vibrazioni capaci di provocare scatti intempestivi delle apparecchiature elettromeccaniche di protezione ed ausiliarie o comunque compromettere il corretto funzionamento dei diversi "organi"; inoltre dovrà essere predisposta l'ampliabilità in opera del quadro da entrambe le estremità senza necessità di operare forature, tagli o saldature neppure sulle barre colletttrici.
- b) Tutte le celle impiegate dovranno essere d'acciaio al carbonio lisce, piane, lucide e decapate.
- c) Tutte le celle dovranno essere munite di portelle corredate di robuste cerniere e di un fermo che ne limiti e fissi l'apertura ad un'angolazione conveniente sia per la rimozione degli apparecchi contenuti nella cella sia per evitare l'urto contro i pannelli adiacenti. I pannelli asportabili facenti parte, dell'involucro "cella sbarre principali" dovranno essere invece muniti di viteria di fissaggio imperdibile.
- d) L'accessibilità per controlli o per la sostituzione di qualsiasi apparecchio o componente dovrà essere garantita nelle condizioni di massima sicurezza.
- e) Gli oblò d'ispezione dovranno essere corredate di materiale trasparente autoestinguente tale da resistere al calore ed assicurare un'adeguata resistenza meccanica.
- f) La bulloneria impiegata nella costruzione del quadro dovrà essere di materiale non soggetto ad ossidazione.
- g) Verniciatura La verniciatura dovrà essere di tipo elettrostatico a polvere ed il trattamento dovrà essere effettuato come segue:

### **Sgrassaggio**

Sgrassaggio a spruzzo, a caldo eseguito in tunnel con prodotti fosfosgrassanti contenenti fosfati alcalini e tensio-attivi non ionici biodegradabili

- a) temperatura di lavoro 50 a 60° C
- b) pressione di spruzzo 1,8 a 2 Atm

### **Lavaggio**

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Lavaggio a spruzzo, eseguito in tunnel con acqua di fonte a temperatura ambiente a) temperatura di lavoro 10 a 30° C b) pressione di spruzzo 1,8 a 2 Atm

Passivazione

Passivazione a spruzzo, eseguita in tunnel con acqua a temperatura ambiente con prodotti passivanti esenti da cromo atti a migliorare la resistenza alla corrosione degli strati fosfatici, non infiammabili, contenenti polimeri organici, derivanti da sostanze naturali ad alto peso molecolare, completamente biodegradabili

a) temperatura di lavoro 10 a 30°C

b) pressione di spruzzo 1,8 a 2 Atm

Essiccazione

Dopo essere stati sottoposti alle fasi di preparazione, i componenti dovranno venir fatti passare nel forno di essiccazione per preparare le superfici a ricevere le polveri di verniciatura

a) temperatura di lavoro 160°C

b) tempo di permanenza 15 minuti

Verniciatura

Verniciatura elettrostatica alle polveri eseguita utilizzando un rivestimento termoidratante in polvere di tipo epossipoliestere applicato con doppio strato sulle pareti interne ed esterne con le seguenti caratteristiche

a) pressione di spruzzo 2 a 2,5 Atm

b) tensione di lavoro 450 a 100 kV

c) spessore minimo 45 Micron

d) brillantezza 65 + 10 gloss

e) punto di colore RAL 7030 grigio perla (standard)

Essiccazione

L'indurimento delle polveri applicate dovrà avvenire in forno alla temperatura di reticolazione e di indurimento pari a:

a) temperatura 160° C

b) tempo di permanenza 30 a 40 minuti

c) La struttura meccanica degli scomparti dovrà essere modulare ed assemblabile per sezioni così da consentire il posizionamento dei quadri nei locali di installazione senza che si verifichino rotture, deformazioni nelle strutture murarie, abrasioni sulle carpenterie o avarie alle apparecchiature elettriche in essi installate.

Documentazione tecnica

A corredo dei quadri sarà fornita la seguente documentazione:

a) disegno di ingombro del quadro



## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- b) disegno della sezione tipica
- c) cataloghi illustrativi
- d) schemi elettrici unifilari e multifilari
- e) schemi elettrici funzionali
- f) schemi dei circuiti ausiliari
- g) schemi delle morsettiere di interno
- h) manualistica di manutenzione ordinaria e straordinaria
- i) elenco apparecchiature di dotazione
- j) certificati ufficiali attestanti la rispondenza dei quadri alle Norme CEI 17-6 e/o IEC 298 e DPR 547 nonché delle prove di tipo eseguite
- k) documentazione delle prove di tipo

Parti di ricambio ed attrezzi speciali

Per ogni quadro saranno fornite le seguenti parti di ricambio ed attrezzature:

- a) n. 3 portalampade completi di coppetta colorata per ogni tipo
- b) n. 3 divisori capacitivi e n. 1 gruppo motore di manovra interruttore
- c) n. 1 tema di fusibili per protezione lato primario TV
- d) tutti gli attrezzi speciali necessari per l'operazione di inserzione-estrazione apparecchiature e di manovra delle stesse.

Collaudi e prove

Tutte le prove di collaudo previste dalle norme CEI dovranno essere eseguite in contraddittorio con i rappresentanti della Direzione Lavori e si svolgeranno presso le officine del Costruttore. I costi per l'effettuazione delle prove di accettazione saranno a carico dell'Appaltatore. Per essere sottoposto a prove il quadro dovrà essere completamente montato, collegato internamente e messo a punto presso l'Officina del Costruttore. Elenco delle prove:

- prove di accettazione
- prova di tensione a frequenza industriale dei circuiti di potenza
- prove di tensione dei circuiti ausiliari
- prova di funzionamento meccanico
- prova dei dispositivi ausiliari
- verifica dei cablaggi

Prove di tipo L'Appaltatore dovrà produrre copia dei certificati relativi alle prove di tipo realizzate da un laboratorio indipendente attestanti la rispondenza del quadro e delle apparecchiature alle Norme sopracitate. In particolare, è richiesta dimostrazione delle seguenti prove:

### Disciplinare descrittivo e prestazionale

- prova di corrente di breve durata nei circuiti principali per un valore non inferiore a 30 KA e nel circuito di protezione;
- prova di riscaldamento per un valore di corrente nominale non inferiore a 1250A.

## 4. Elementi principali d'impianto BESS

Verranno di seguito analizzati tutti i principali componenti dell'impianto:

- Batterie di accumulo
- PCS
- Cavi
- Quadri elettrici
- Cabina di raccolta
- Interruttori

### 4.1 Batterie di accumulo

Il componente principale degli impianti BESS sono le batterie, quest'ultime vengono legate tra di loro elettricamente in serie e/o in parallelo per formare dei moduli, i moduli sono collegati elettricamente tra di loro ed assemblati in appositi armadi/rack da ottenere i valori richiesti di potenza, tensione e corrente.

Ogni rack avrà il proprio sistema di gestione della batteria "Battery Management System" (BMS) per gestire:

- lo stato di carica "State of Charge" (SoC),
- lo stato di salute "State of Health" (SoH),
- la tensione,
- la corrente
- la temperatura di ogni modulo che compone il rack

È presente, inoltre, un sistema di gestione termica della batteria (B-TMS). Il B-TMS controlla la temperatura delle celle in base alle loro specifiche in termini di valori assoluti e gradienti di temperatura all'interno del pacco.

Viene riportato di seguito la scheda tecnica delle batterie utilizzate nel nostro sito:

Disciplinare descrittivo e prestazionale

**I System Specification**

System Characteristics									
Battery Type	Lithium-Ion		LFP						
Energy Rating	DC Nominal Energy	MWh	2.88	2.30	1.84	5.76	4.61	3.69	Energy @ C/2 Rate
	Discharge C-Rate	C	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	Up to 2C
Power Rating	Rated Power	MW	1.44	2.30	3.69	2.88	4.61	7.37	
Battery Voltage	Nominal Voltage	Vdc	1152						at Rack
	Voltage Range	Vdc	1008 - 1296						at Rack
SOC Range	Recommended Range		5%-95%						
Physical Characteristics									
Container Building	Quantity	pcs	1						
	Dimensions (L x W x H)	ft	20'			40'			ISO HC
	Weight	ton	31.88	30.64	26.88	62.16	59.74	52.41	
System Performance Characteristics									
Efficiency	D.C. Round Trip Efficiency	%	95%	94%	93%	95%	94%	93%	C/2 P - 25°C
Aux Power	Max Aux Power	kW	14.4	27.6	51.6	28.8	55.3	103.2	Depends on HVAC
Interconnection Parameters									
Point of Interconnect	PCS A.C. Voltage	Vac	Customized						
	POI Voltage	kV	Customized						
	A.C. Frequency	Hz	50Hz/60Hz						
Environmental Characteristics									
Environment conditions	Operating Temperature	°C	-40 °C to 60 °C						Maximum
	Storage Temperature	°C	10 °C to 30 °C						Optimum
Relative Humidity	Maximum Humidity	%	up to 95%						
Altitude	Above Sea Level	m	2000m / 600ft						
Applications									
Ancillary Service, Peak shaving, Demanding Response, Ramping Rate Control, Energy Shifting, etc									

**Figure 3 caratteristiche tecniche sistema di accumulo**

La batteria viene utilizzato principalmente in centrali elettriche di accumulo di energia di grandi e medie dimensioni. questa adotta il design standard BESS e il design modulare per realizzare l'integrazione dell'energia sistema di archiviazione. Attraverso il metodo di raffreddamento a liquido, è possibile bilanciare meglio il sistema temperatura. Attraverso una progettazione sistematica della sicurezza e della manutenzione si può garantire il miglioramento delle prestazioni della batteria e una maggiore durata.

I moduli batteria standardizzati e unificati sono sviluppati sulla base di celle al litio-ferro. I gruppi di batterie sono collegati con DC/DC in serie al sistema di conversione dell'energia di supporto (PCS) per formare un

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

accumulo di energia (ESS) e immagazzinano e rilasciano energia elettrica.

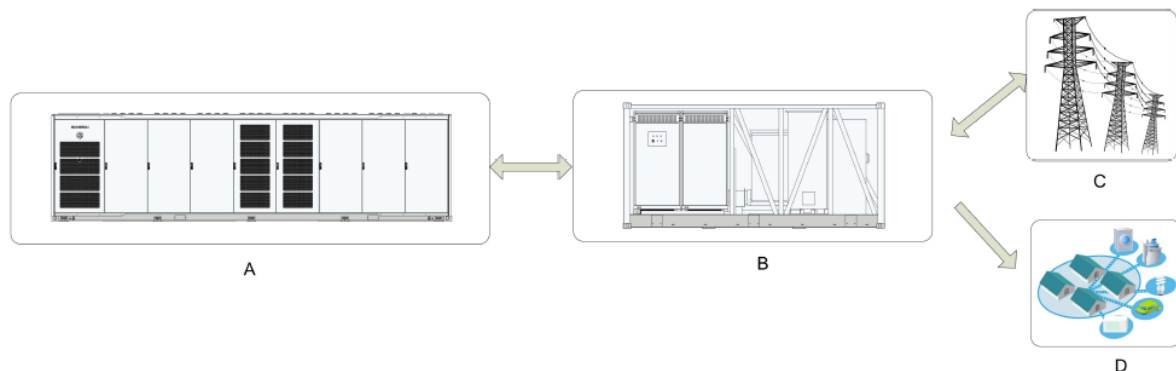
Viene riportata di seguito una tabella con le caratteristiche delle celle che compongono la batteria, i quali collegati tra di loro formeranno il pacchetto batteria.

## 4.2 PCS

Power conversion system (PCS) è un sottosistema di conversione di potenza, Le batterie di accumulo vengono messe in parallelo e associate a un PCS attraverso un Box di parallelo che consente l'interfaccia con il PCS. Il PCS (Power Conversion System), oltre alle batterie di accumulo elettrochimico, è un componente fondamentale per il sistema di accumulo, esso fa da "ponte" tra gli accumulatori e la rete elettrica.

Il PCS serve per controllare e gestire i flussi bidirezionali di energia permettendo alle batterie di caricarsi o scaricarsi secondo le diverse esigenze, attraverso le conversioni AC/DC e viceversa. ciascun PCS attraverso un Box di parallelo che consente l'interfaccia con il PCS

Il PCS sviluppato e prodotto che verrà installato è applicato principalmente a grandi e medie centrali elettriche di accumulo di energia. Adotta un design modulare per un'installazione rapida ed è dotato di armadio CC, armadio modulo, trasformatore di media tensione, monitoraggio, e unità di distribuzione dell'energia, garantendo una generazione connessa alla rete affidabile e sicura più a lungo.



**Figure 4 Soluzione di collegamento PCS**

Il PCS è composto dalle seguenti 2 parti:

- Module room dove sono contenuti gli armadi CC e gli armadi PCS
- Stanza del trasformatore

Il PCS installato avrà una potenza di 3000 kVA, Viene riportata di seguito la scheda tecnica con le principali indicazioni tecniche di prodotto.

Disciplinare descrittivo e prestazionale

SmartPV-WD3 1100V

PV940WD3LV450 / PV1880WD3LV450 / PV2820WD3LV450

	PV940WD3LV450	PV1880WD3LV450	PV2820WD3LV450
<b>DC Input</b>			
Voltage range <sup>1)</sup>	670 – 950Vdc		
Max. input voltage	1100Vdc		
Rated input current @ 670Vdc, Tamb=35°C	1590A	3180A	4770A
Max. short circuit input current	1925A	3850A	5775A
Max. Number of DC inputs <sup>2)</sup>	Up to 12	Up to 24	Up to 36
DC Cabinet	Integrated		
<b>AC Output</b>			
Frequency	50/60Hz		
Frequency operation range	47 – 63Hz		
Rated AC power @ 95°F/35°C	1045 kVA	2090 kVA	3135 kVA
Rated AC power @ 122°F/50°C	940 kVA	1880 kVA	2820 kVA
Rated voltage <sup>3)</sup>	450 Vac		
Total Harmonic Distortion (THD)	< 3%		
Power factor (PF)	Adjustable		
<b>Efficiency</b>			
Efficiency <sup>4)</sup>	> 98%		
Self-consumption in standby	< 250W	< 400W	< 550W
Self-consumption in operation <sup>5)</sup>	< 3kW	< 5.5kW	< 8kW
<b>Ambient Conditions</b>			
Operation ambient temperature	14°F / 140°F (-10°C / 60°C)		
Operation ambient temperature (without de-rating)	14°F / 122°F (-10°C / 50°C)		
Storage and transport temperature	-40°F / 149°F (-40°C / 65°C)		
Maximum relative humidity	100%		
Fresh air consumption	5750 m3/h	11500 m3/h	16500 m3/h
Max. altitude above sea level without derating	1000m		
Max. altitude above sea level allowed	4000m		
<b>Mechanical characteristics</b>			
Dimensions (W x D x H)	1710 x1000 x2200mm	3420 x1000 x2200mm	4630 x1000 x2200mm
Protection degree	NEMA 3R, IP54		
<b>Power control features</b>			
Anti-islanding protection	Yes		
Active power curtailment	Yes		
Active power ramp rate constraint	Yes		
Reactive power closed-loop control	Yes		
Power factor closed-loop control	Yes		
Frequency Ride Through (FRT) capability	Yes		
Voltage Ride Through (VRT) capability	Yes		
Over frequency active power response	Yes		
Reactive power injection for VRT	Yes		
STATCOM mode: Reactive injection at night	Optional		
<b>Interfaces</b>			
Touch-HMI	Optional		
Communications Channel	2 x Ethernet ports: 10 or 100 Mbps (no switched) for external communications (SCADA or Energy Management System)		
Communications Ports Connectors	RJ45 Female or Fiber (optional)		
Communication Protocols	Modbus TCP and NTP		
Luminous indicator, start/stop control and emergency stop	Yes		
<b>Legal standards</b>			
Legal standards	Designed and manufactured according to IEC62019-1, IEC62109-2, IEC61000-3-4, IEEE 1547, UL840		

Figure 5 Caratteristiche tecniche PCS

4.3 CABINE

Lo schema di cabina deve essere conforme a quanto previsto dal documento di unificazione 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". Eventuali modifiche allo stesso derivante da eventuali disposizioni dell'ente distributore

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

più recenti potranno essere prese in considerazione. Le modalità di alimentazione saranno funzione della potenza impegnata, del numero di trasformatori e della configurazione della rete MT. Il dispositivo generale deve essere costituito a partire dal lato MT da una terna di lame di messa a terra, da un sezionatore tripolare e da un interruttore fisso/interruttore estraibile. Devono inoltre essere realizzati tutti gli interblocchi del caso per evitare manovre errate. In particolare, la terna di lame di terra dello scomparto arrivo della sezione ricevitrice deve essere vincolata con un dispositivo di blocco meccanico sigillato dal distributore (la manovra in chiusura della terna di lame di messa a terra deve essere possibile solo previa autorizzazione dell'ente distributore); la terna di lame di messa a terra dello scomparto protezione generale/protezione trasformatore deve essere interbloccata meccanicamente con il sezionatore (la manovra di chiusura della terna di lame di messa a terra deve essere possibile solo a sezionatore aperto); il sezionatore deve essere interbloccato meccanicamente con l'interruttore (la manovra di apertura del sezionatore deve essere possibile solo a interruttore aperto); la porta dello scomparto arrivo/protezione trasformatore deve essere interbloccata meccanicamente con la terna di lame di messa a terra (la porta deve potersi aprire solo se la terna di lame di messa a terra è nella posizione di chiuso). La protezione contro le sovracorrenti deve essere realizzata per mezzo dell'interruttore dello scomparto protezione generale azionato da idoneo relè la cui taratura deve essere concordata con l'ente distributore (settori tecnici della distribuzione del compartimento di appartenenza).

La protezione contro i guasti di terra deve essere realizzata per mezzo di rilevatori di corrente omopolare alimentati tramite trasformatore toroidale. Anche la protezione contro i guasti di terra deve avere taratura concordata con l'ente distributore.

## 5. Collegamento alla rete nazionale

I criteri e le modalità per la connessione alla RTN saranno conformi a quanto prescritto dalle normative CEI 11-20, CEI 0-16, CEI 82-25 e dalle prescrizioni TERNA (TICA), per Clienti Produttori dotati di generatori che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica.

Il parco fotovoltaico, mediante un cavidotto interrato uscente dalle cabine di trasformazione d'impianto alla tensione di 15 kV, sarà collegato alla cabina di consegna che verrà realizzata in prossimità dell'allaccio alla rete di media tensione.

L'impianto risulta equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su tre livelli: dispositivo generale; dispositivo di interfaccia; dispositivo del generatore. Al dispositivo generale + interfaccia non può essere infatti associata anche la funzione di dispositivo di generatore (in pratica fra la generazione e la rete saranno sempre presenti interruttori in serie tra loro).

### 5.1 Dispositivo Generale

Il dispositivo generale sarà costituito da un interruttore in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura oppure interruttore con sganciatore di apertura e sezionatore da installare a valle del trasformatore di utenza.

### 5.2 Dispositivi di interfaccia e collegamento alla rete

Il dispositivo di interfaccia (DI) determina la sconnessione dell'impianto di generazione in caso di mancanza di tensione sulla rete di trasmissione nazionale.

La protezione di interfaccia, agendo sull'omonimo dispositivo, sconnette l'impianto di produzione dalla rete evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione della rete, il Cliente Produttore possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto sulla rete, il Cliente Produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso inficiando l'efficacia delle richiuse automatiche, ovvero che l'impianto di produzione possa alimentare i guasti sulla rete prolungandone il tempo di estinzione e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza;
- in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori del gestore di rete, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete con possibilità di rotture meccaniche.

Le protezioni di interfaccia sono costituite essenzialmente da relé di frequenza, di tensione ed, eventualmente, di massima tensione omopolare.

Per la sicurezza dell'esercizio della Rete di Trasmissione Nazionale è prevista la realizzazione di un rinalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia.

Il rinalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro organo di manovra. Esso è costituito da un circuito a lancio di tensione, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, con temporizzazione ritardata a 0.5 s, che agirà sul dispositivo di protezione lato MT del trasformatore di utenza. Il temporizzatore sarà attivato dal circuito di scatto della protezione di

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

interfaccia. In caso di mancata apertura di uno degli stalli di produzione, il Dispositivo di Interfaccia comanda l'apertura del Dispositivo Generale che distacca l'impianto fotovoltaico dalla rete; contestualmente a questa situazione, tutti i Servizi Ausiliari rimangono alimentati dall'UPS.

### 5.3 Dispositivo del generatore

Il dispositivo del generatore è costituito da interruttore o contattore installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione. In condizioni di "aperto", il dispositivo del generatore separa il gruppo dal resto dell'impianto.

### 5.4 Gruppo di misura

In un impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete è necessario misurare:

- L'energia prelevata/immessa in rete;
- L'energia fotovoltaica prodotta.

L'impianto fotovoltaico in esame avrà un gruppo di misura dell'energia prodotta, collocato il più vicino possibile all'inverter, concordato anche con il GSE. Il gruppo di misura, ad inserzione indiretta con TA e TV, dell'energia prelevata/immessa in rete sarà ubicato nel locale misure della cabina di consegna, a valle del Dispositivo Generale.

I sistemi di misura dell'energia elettrica saranno in grado di rilevare, registrare e trasmettere dati di lettura, per ciascuna ora, dell'energia elettrica immessa/prelevata o prodotta in rete nel punto di installazione del contatore stesso.

I sistemi di misura saranno conformi alle disposizioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) e alle Norme CEI; in particolare, essi saranno dotati di sistemi meccanici di sigillatura in grado di fornire adeguate garanzie contro eventuali manomissioni o alterazioni dei dati di misura.



## 6. Sicurezza elettrica

### 6.1 Protezione dalle sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare, sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{cc}^2 \leq K^2 S^2$$

dove:

$I_b$  = corrente di impiego del cavo

$I_n$  = corrente nominale dell'interruttore

$I_z$  = portata del cavo

$I_{cc}$  = corrente di cortocircuito

$t$  = tempo di intervento dell'interruttore

$K$  = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo

$S$  = sezione del cavo

### 6.2 Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

### 6.3 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8;
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in Tabella 1:

$$Z_s * I_b \leq U_0$$

dove:

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto, comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente;

$I_b$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la  $I_b$  è la corrente differenziale  $I_{\Delta n}$ ;

$U_0$  tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt.

$U_0$ (V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

**Tabella 1- Tempi di interruzione per sistemi TN**

## 7. Opere civili

### 7.1 Strutture di supporto

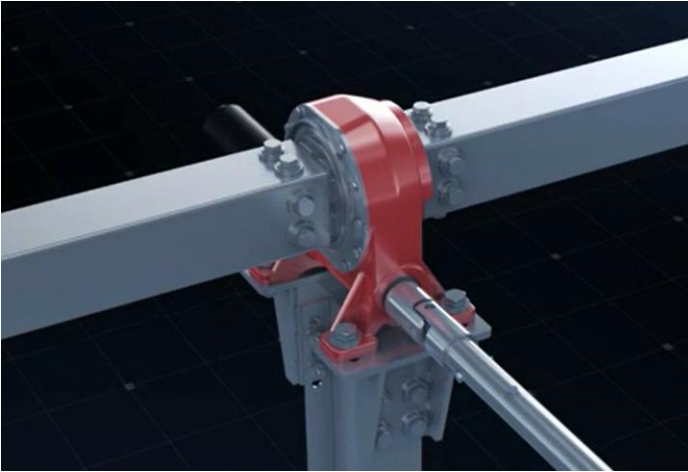
Le opere civili a supporto dei pannelli fotovoltaici sono composte da una serie di profilati metallici in elevazione e una parte interrata realizzata con pali infissi metallici, atta a scaricare le tensioni sul terreno. I pannelli verranno bullonati ai profili di tipo omega 120x80x40 mm disposto tra due pannelli consecutivi, sulla quale scaricheranno metà del loro peso. I profilati ad omega saranno a loro volta imbullonati ad una trave principale, disposta trasversalmente, di tipo scatolare quadrato 160x3 mm. Il profilato tubolare di lunghezza 37 m corrisponde con la lunghezza dell'intero modulo tracker, conetterà i profili verticali con funzione di pilastri di tipo HEA 200 in numero di 7 per ogni modulo. I pilastri infine verranno connessi tramite un'unione bullonata ad incastro al palo che verrà infisso nel terreno dello stesso profilo del pilastro sovrastante.



**Figura 2 Particolare nodo trave pilastro**

Il tracker in uno dei nodi pilastro trave ospiterà il motore che fornirà da forza motrice per la rotazione dei pannelli rispetto l'asse Nord Sud, in questo caso il nodo presenterà un nodo composto da appoggi a stampella connessi all'ala del pilastro tramite bulloni, in modo da fornire il piano di appoggio necessario per alloggiare il motore e gli organi di rotazione.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale



*Figura 3 Tipologico soluzione nodo con motore*

## 7.2 Locale tecnico

I locali tecnici saranno composti da una parte in elevazione di tipo prefabbricata rispondente alle prescrizioni generali per le cabine secondarie di distribuzione MT/BT secondo le tabelle di unificazione ed omologazione ENEL.

Le pareti saranno realizzate in conglomerato cementizio vibrato, adeguatamente armate e di spessore non inferiore a 9 cm secondo quanto previsto D.M. 14 gennaio 2008; in particolare, si prevederà una doppia armatura come stabilito dalle norme stesse. Durante la fase di produzione, saranno incorporati gli inserti di acciaio, necessari per il fissaggio della struttura di sostegno dei quadri BT (sia a pavimento che a copertura), per il fissaggio del quadro rack e per l'impianto di messa a terra. Sulla parete lato finestre si fisserà un passante in materiale plastico con diametro interno minimo di 150 mm, dotato di dispositivo di chiusura/apertura funzionante solo con attrezzi speciali garantendo la tenuta anche in assenza di cavi, per consentire il passaggio di cavi elettrici temporanei. Sul lato opposto alla parete di cui sopra è previsto un sistema passacavo a parete (minimo 80 mm) con la possibilità di sigillare.

Solaio di copertura di 120 mm realizzato con armatura: La copertura sarà opportunamente ancorata alla struttura, garantendo un coefficiente medio di trasmissione del calore minore di  $3,1 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$ . La copertura sarà a due falde - lati corti - ed avrà una pendenza del 2% su ciascuna falda e sarà dotata, per la raccolta e l'allontanamento dell'acqua piovana, sui lati lunghi, di due canalette in VTR di spessore di 3 mm. La copertura sarà protetta da un idoneo manto impermeabilizzante prefabbricato costituito da membrana bitume-polimero, flessibilità a freddo  $-10^\circ \text{ C}$ , armata in filo di poliestere e rivestita superiormente con ardesia, spessore 4 mm (esclusa ardesia), che sormonta la canaletta. La copertura stessa, fermo restando le altre caratteristiche geometriche e meccaniche, potrà essere fornita a due falde con pendenza come richiesto dalle Autorità competenti – Comuni, Sovrintendenze Beni Culturali ed ambientali etc. - prevedendo un rivestimento in cotto o laterizio (coppi o tegole) oppure in pietra naturale o ardesia.

Pavimento a struttura portante: Il pavimento sarà realizzato in conglomerato cementizio vibrato, con spessore non inferiore a 10 cm supportando i seguenti carichi: carico permanente, uniformemente distribuito

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

di 600 daN/m<sup>2</sup>; carico mobile lato trasformatore.

Il basamento sarà prefabbricato in c.a.v., realizzato in monoblocco con profondità minima di 500 mm. Tra il box ed il basamento sarà previsto collegamento meccanico, prevedendo un sistema di accoppiamento tale da impedire eventuali spostamenti orizzontali del box stesso ed un sistema di sigillatura al contatto box-vasca, tale da garantire una perfetta tenuta all'acqua.

La cabina sarà dotata di un impianto di terra di protezione a cui saranno elettricamente collegati l'armatura incorporata del calcestruzzo e tutti gli inserti metallici previsti. Il collegamento interno-esterno alla rete di terra sarà realizzato con connettori in acciaio inox, annegati nel calcestruzzo o con analogo sistema che abbia le stesse caratteristiche. Occorre evitare inoltre il contatto dei dispersori con pietre o ghiaietto, che aumenterebbe la resistenza di terra, e con il terreno locale, che potrebbe corrodere il dispersore.

Le pareti esterne saranno trattate con rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiranno il perfetto ancoraggio sul manufatto, resistenza agli agenti atmosferici anche in ambiente industriale e marino, inalterabilità del colore alla luce solare e stabilità agli sbalzi di temperatura (-20°C + 60°C). Il colore del manufatto sarà il RAL 1011 (beige-marrone) della scala RAL-F2. o in alternativa RAL 7030. A richiesta, le pareti esterne potranno essere rivestite in listelli di cotto greificato di prima scelta; le pareti interne ed il soffitto, saranno tinteggiate con pitture a base di resine sintetiche di color RAL 9010 (bianco puro). Al basamento verrà applicata una emulsione bituminosa o primer su tutte le facciate esterne, alla base interna ed alle facciate interne fino ad una altezza di 700mm. L'elemento di copertura, nelle facce verticali visibili, sarà trattato con lo stesso rivestimento sopracitato, ma con colore RAL 7001 (grigio argento) della scala RAL-F2.

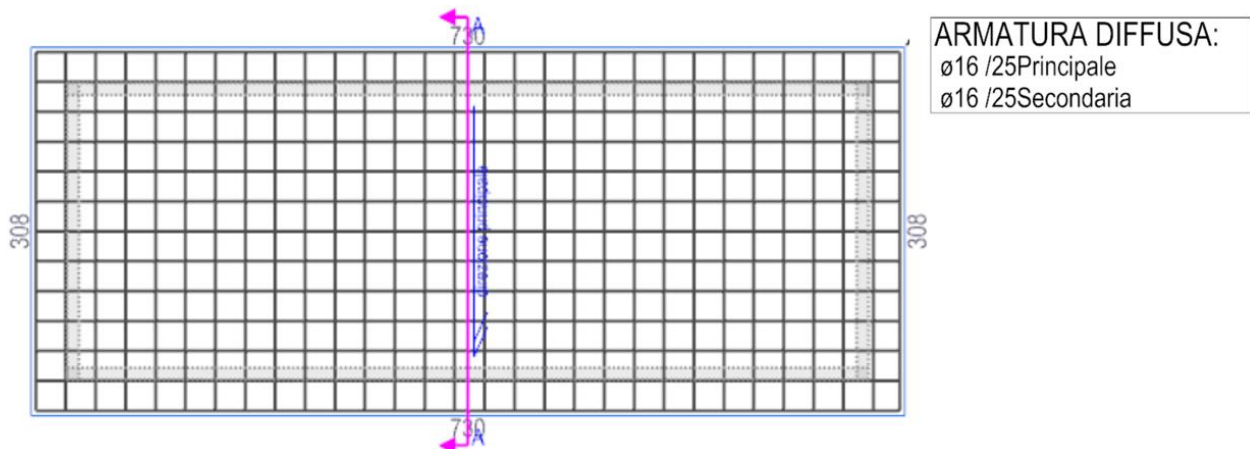


Figura 1-Carpenteria metallica platea

### 7.3 Acqua d'impasto

Riferimento normativo da osservare:

- UNI EN 1008 - Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- UNI EN ISO 7027 - Qualità dell'acqua - Determinazione della torbidità.

La qualità dell'acqua d'impasto per la produzione del calcestruzzo può influenzare il tempo di presa, lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo e la protezione dell'armatura contro la corrosione. L'acqua per gli impasti ed il lavaggio degli inerti dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri e/o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate. L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati. Il contenuto d'acqua efficace, da utilizzare nella valutazione del rapporto acqua/cemento dei conglomerati, sarà definito (UNI EN 206) come il contenuto totale di acqua nella miscela depurato dell'acqua di assorbimento degli aggregati, ossia, del quantitativo d'acqua necessario per portare gli aggregati dalla condizione di completo esitamento a quella di s.a.s. (saturo a superficie asciutta) definita come nella Norma UNI EN 1097-6

#### 7.4 Agglomerati cementizi

Riferimenti normativi da osservare:

- D.M. 31/8/1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n°287 del 6/11/1972).
- D.M. 3/6/1968 che approva le "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n°180 del 17/7/1968);
- UNI EN 197-1 – Cemento – composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 197-2 – Cemento – Valutazione della conformità. I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso, in perfetto stato di conservazione.

Le prescrizioni per il calcestruzzo da porre in opera saranno:

- Classe di esposizione: **XC2**
- Controllo di accettazione: **Tipo A**
- Aria intrappolata: **Max 2,5%**
- Diametro massimo dell'aggregato: **32 mm**
- Classe di consistenza al getto: **S5**
- Copriferro minimo: **35 mm**

XC2

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Descrizione ambiente	Max a/c	Minimo contenuto di cemento [kg/m3]	Minima classe di [N/mm2]
Bagnato raramente asciutto	0,6	300 (UNI EN 206-1)	C25/30 (UNI EN 206-1)
<b>CALCESTRUZZO ARMATO</b>			
Platea di fondazione	Classe di resistenza		C25/30
	Classe di consistenza		S5
Copriferro			4 cm
Dim. Massima nominale aggregati			< 32 mm

Tabella 2 – Specifiche calcestruzzi

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione. In fase progettuale si prevedono quantità di m<sup>3</sup> inferiori a 300, si effettuerà un controllo di tipo A.

Il controllo di accettazione è positivo, ed il quantitativo di calcestruzzo accettato, se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.1 seguente:

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$ (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>);  
s = scarto quadratico medio

Tabella 3 – Verifiche controlli di accettazione

Ogni controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup> ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia, che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

Le prove a compressione vanno eseguite 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 vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

### 7.5 Aggregati ordinari per la realizzazione di conglomerati cementizi

Riferimenti normativi da osservare:

- UNI EN 12620 – Aggregati per calcestruzzo;
- UNI 8520-1 – Aggregati per calcestruzzo – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 – Parte 1: Designazione e criteri di conformità;
- UNI 8520-2 – Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 – Requisiti;
- UNI 8520-8 – Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili.
- UNI 8520-22 – Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI EN 13242 – Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade;

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere esclusivamente impiegati gli aggregati della categoria A di cui alla norma UNI 8520 parte 2°, aventi caratteristiche nei limiti di accettazione previsti nella Norma medesima. Gli aggregati da utilizzare nel confezionamento dei calcestruzzi dovranno essere dotati di marchio CE ai sensi della norma UNI EN 12620 e nel rispetto dei limiti previsti dalla UNI 8520-2 per un aggregato di Categoria A. In particolare, dovrà essere certificata la rispondenza a tutte le prescrizioni relative alle caratteristiche fondamentali (prospetto 1 della UNI 8520-2). Inoltre, dovrà essere certificata la corrispondenza degli aggregati da utilizzare alle seguenti caratteristiche aggiuntive (prospetto 2 della UNI 8520-2):

- potenziale reattività degli alcali;
- contenuto di contaminanti leggeri;
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo, ovvero, degradabilità mediante soluzione solfatica;
- resistenza alla frammentazione.



## Disciplinare descrittivo e prestazionale

## 7.6 Sabbie

Le sabbie dovranno essere composte da elementi silicei, di forma angolare e di grandezze assortite, e provenire da rocce con elevata resistenza alla compressione. Inoltre, dovranno essere ruvide al tatto, esenti da salsedine, scevre da sostanze terrose, materie organiche o altre materie nocive ed eterogenee. Le sabbie che contenessero cloruri e/o materie terrose, argillose, limacciose, pulverulente, friabili, eterogenee, ecc. saranno rifiutate dalla D.L. Ove ritenuto necessario dalla D.L., la sabbia sarà lavata con acqua dolce per l'eliminazione delle eventuali materie nocive.

Sottoposta alla prova di decantazione in acqua, la perdita in peso della sabbia non dovrà superare il 2%. La qualità delle sabbie e la quantità di materie organiche in esse contenute verranno controllate, per l'accettazione, con le modalità prescritte dalle norme di cui all'Allegato 1 del D.M. 3 giugno 1968. la D.L. si riserva la facoltà di sottoporre la sabbia ad una o più prove per la ricerca delle impurità limose, argillose e dei cloruri che fossero in essa contenute.

## 7.7 Magrone

Per il magrone di sottofondazione, utile per la posa in opera dei ferri si elencano le caratteristiche progettuali:  $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$ , Tipo di cemento CEM I ÷ V, Contenuto minimo di cemento 150 Kg/m<sup>3</sup>

## 7.8 Materiali in acciaio

L'acciaio impiegato come armatura per il cemento armato è del tipo B450C, a aderenza migliorata e laminato a caldo, caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

-  $f_y \text{ nom: } 450 \text{ N/mm}^2$

-  $f_t \text{ nom: } 540 \text{ N/mm}^2$

I materiali metallici per carpenteria saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto. Per i materiali metallici dovranno essere presentati alla Direzione Lavori i certificati di provenienza e delle prove effettuate presso le fabbriche, fonderie fornitrici ed i laboratori ufficiali.

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

il tipo di Acciaio per i profilati sarà S235 e per i bulloni classe 8.8 e classe di esecuzione della carpenteria metallica EXC2 come evidenziato nelle seguenti tabelle.

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

**Tabella 4-Classe di conseguenza**

Categoria	Parametri
SC1	Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe S <sub>0</sub> )
SC2	Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte classi da S <sub>1</sub> a S <sub>9</sub> ) Strutture suscettibili a vibrazione da vento, folla o macchinari in rotazione Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

DCL,DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1 (eurocodice-8)  
**SC1= carico statico SC2=sollecitazione a fatica**

*Tabella 5-Classi di servizio*

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

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

Tabella 6-Categoria di produzione

Conseguence		Classes		CC1		CC2		CC3	
Service Categories		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production Categories	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC3*		
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC4		
* EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provision									

Tabella 7-Scelta classe di esecuzione

I controlli hanno lo scopo di accertare che la tensione di snervamento ( $f_y$ ), quella di rottura ( $f_t$ ) e l'allungamento percentuale a carico massimo ( $A_{gt}$ ) soddisfino le seguenti relazioni:

1. Acciaio B450C:  $425 < f_y < 572 \text{ N/mm}^2$ ;  $A_{gt} > 6,0\%$   $1,13 < f_t/f_y < 1,37$

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di Trasformazione, anche se con forniture successive. I campioni devono essere ricavati da barre dello stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralici, e recare il marchio di provenienza.

Il Laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### Disciplinare descrittivo e prestazionale

Si devono effettuare obbligatoriamente le prove di trazione, di piega e la rilevazione del marchio di identificazione del materiale. Dopo la prova di piega il provino non deve presentare cricche.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori per tutte le forniture di elementi e/o prodotti, qualunque sia la loro provenienza e la tipologia di qualificazione. Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichette indelebili, ecc. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Il Laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

A seconda delle tipologie dei materiali pervenuti in cantiere, il Direttore dei Lavori deve effettuare i seguenti controlli:

- Elementi di carpenteria metallica: 3 prove ogni 90 tonnellate;
- Lamiere grecate e profili formati a freddo: 3 prove ogni 15 tonnellate;
- Bulloni e chiodi: 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati;
- Giunzioni meccaniche: 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati.

I controlli di accettazione devono essere effettuati prima della posa in opera degli elementi e/o prodotti.

## 8. Smaltimento materiale di cantiere

La gestione delle forniture e dei lavori in sito e la gestione e lo smaltimento di qualsiasi tipologia di rifiuto derivante dall'esecuzione contrattuale deve essere fatta nell'integrale ottemperanza alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti.

## 9. Documentazione di accompagnamento alla realizzazione dell'impianto

Come previsto dalla Guida CEI 0-2, art. 1.3.4 e dalle prescrizioni normative vigenti, l'Aggiudicatario dovrà fornire alla D.L. tempestivamente e comunque prima dell'inizio lavori la seguente documentazione:

- a) schemi elettrici e modulistica tecnica debitamente compilata come da richieste della Società Distributrice e dall'UTF per le pratiche relative all'allacciamento alla rete e per le pratiche fiscali;
- b) certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità delle protezioni e del dispositivo di interfaccia alla norma CEI 11-20 e alle prescrizioni CEI 0-16;

## Disciplinare descrittivo e prestazionale

- c) certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato al circuito internazionale EA circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per i moduli al silicio cristallino e certificazione classe II di isolamento;
- d) dichiarazione di conformità dell'impianto alla norma CEI 0-16 e alle norme CEI applicabili, redatta secondo fac-simile della norma citata;
- e) attestazione che la produzione del dispositivo di interfaccia avviene in regime di qualità, in conformità alla norma UNI EN ISO 9001: 2000;
- f) certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- g) documentazione per pratica GSE secondo quanto richiesto dalla Committenza e dalla D.L.

L'Aggiudicatario dovrà inoltre fornire alla D.L. ad ultimazione lavori:

- a) originale, su supporto magnetico realizzato con programma "AUTOCAD ", e tre serie di copie complete, dei disegni definitivi/esecutivi e aggiornati dell'impianto così come è stato realmente eseguito in opera, complete di piante e sezioni quotate, schemi, particolari dei materiali montati, etc.;
- b) una monografia, in triplice copia, relativa all'impianto realizzato, contenente:
  - tutti i datasheet tecnici di ogni componente installato (compresi i componenti elettromeccanici dei quadri elettrici installati), completi delle eventuali tarature;
  - istruzioni per la messa in servizio e fuori servizio dell'impianto;
  - norme di manutenzione ordinaria, con le relative procedure e la cadenza delle singole operazioni da compiere sull'impianto;
  - manuali di installazione ed uso dei convertitori;
  - elenco dei pezzi di ricambio consigliati dal Costruttore per un periodo di funzionamento di 5 anni oltre il periodo di garanzia contrattuale.
- c) dichiarazione di conformità dell'impianto, redatta secondo la Legge n.37/08 e Guida CEI 0-3;
- d) certificato di garanzia di validità almeno pari a 24 mesi sull'intero impianto, sulle apparecchiature e sulle relative prestazioni di funzionamento;
- e) eventuali garanzie o estensioni di garanzia passanti sui componenti installati;
- f) certificazioni relative all'eventuale contatore UTF installato.

## 10. Prove e verifiche sugli impianti

### 10.1 Norme di riferimento

Gli impianti elettrici, in corso di esecuzione e prima della loro messa in funzione, dovranno essere sottoposti a controlli e prove che ne confermino la perfetta funzionalità e la rispondenza ai dati di progetto. Le prove dovranno essere condotte in conformità alle prescrizioni delle norme CEI, alle specifiche di capitolato e a quanto indicato in dettaglio nei capitolati che seguono. In ogni caso le prove da eseguirsi sono:

- verifica qualitativa e quantitativa di conformità con i documenti di capitolato ed eventuali varianti;
- resistenza di isolamento;
- variazione di tensione da vuoto a carico;
- continuità di terra;
- resistenza di terra;
- misura dell'impedenza di guasto;
- sfilabilità dei conduttori;
- controllo del coordinamento delle protezioni;
- controllo dello squilibrio fra le correnti di fase (max 10%).

Durante il corso dei lavori, la Direzione Lavori si riserva di effettuare prove e verifiche, in particolare per le parti di impianto la cui accessibilità dovesse essere difficoltosa in sede di collaudo finale.

Queste prove non potranno in nessun caso essere utilizzate come prove di collaudo definitivo. Tutte le prove saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore con strumenti ed apparecchiature di sua proprietà, da accertarsi da parte della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori le certificazioni di tutte le prove e misure su moduli appositi, da sottoporre a preventiva approvazione.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di effettuare la verifica integrale o per campione. Le prove che comportino la messa in tensione degli impianti dovranno essere effettuate solo dopo il positivo esito dei controlli preliminari da eseguire su tutte le parti di impianto e dopo che siano stati messi in atto tutti gli accorgimenti per garantire la sicurezza di persone e cose.

### 10.2 Livello qualitativo dei materiali forniti

I materiali, la posa in opera e in generale tutti gli impianti dovranno uniformarsi alle prescrizioni derivanti dal presente Capitolato Tecnico e dall'insieme degli elaborati progettuali, ferma restando l'osservanza delle norme di legge, del CEI e delle tabelle UNEL, ISO e UNI dove applicabili. L'Aggiudicatario dovrà fornire materiali corredati di marcatura CE (laddove sia prevista). Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, l'Aggiudicatario è tenuto a darne immediato avviso alla D.L. e a concordare quindi

---

### Disciplinare descrittivo e prestazionale

le modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove prescrizioni. L'Aggiudicatario è libero di offrire prodotti di marche da lui scelte, con il vincolo delle caratteristiche tecniche descritte nelle presenti prescrizioni: si fa presente che i prodotti offerti saranno comunque soggetti a valutazione in sede di offerta da parte della Commissione Tecnica, che potrà accettarle o rifiutarle qualora non le ritenga qualitativamente conformi alle richieste.

### 10.3 Campioni

Nel corso dell'esecuzione del contratto e prima della posa in opera dovrà essere presentata alla D.L. adeguata campionatura dei prodotti che l'Aggiudicatario installerà. In particolare, dovranno essere presentate campionature dei moduli fotovoltaici selezionati, complete delle curve I-V caratteristiche.