

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Oristano
Comune di San Nicolò D'Arcidano

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN LOTTO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI DENOMINATO
"SNARC_TERRA ZIRINGONIS" DELLA POTENZA
NOMINALE DI 22,78 MWp E DELLE RELATIVE OPERE
DI CONNESSIONE, DA REALIZZARE SULLA EX CAVA
"TERRA ZIRINGONIS" IN ZONA D.4.1 DEL COMUNE DI
SAN NICOLO' D'ARCIDANO**

PROPONENTE

GREEN SOLE s.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA
05_2020

OGGETTO:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE
DEGLI ELEMENTI TECNICI**

**PD
R04**

IL PROGETTISTA

ing. giuseppe pipitone

via libero grassi, 8
91011 Alcamo (TP)

ing.giuseppipitone@gmail.com

PEC: giuseppe.pipitone@ordineingegneritrapani.it



GRUPPO DI LAVORO

- ing. Bruno Manca
- ing. Mauro Amendola
- SIC s.r.l.
- Renova s.r.l.
- dott. geol. Cosima Atzori
- ing. Silvia Exana
- ing. Ilaria Giovagnorio
- ing. Alessandra Scalas

TIMBRO E FIRMA REDATTORE



TIMBRO DEL PROPONENTE

01	dic 2022	modifiche			
00	apr 2020	emissione	ing. g. d'annibale	ing. d. bonafede	ing. g. pipitone
REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
FORMATO: ISO A4 - 210 x 297		FILE DI ELABORAZIONE: Snarc_Terra Ziringonis_PD_R04_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.doc		FILE DI STAMPA: Snarc_Terra Ziringonis_PD_R04_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.pdf	
				SCALA:	

SOMMARIO

1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL PROGETTO	3
1.1 OGGETTO DELL'APPALTO	3
1.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
1.3 CATEGORIE DI LAVORO	4
1.4 OPERE DA APPALTARE	4
2. MATERIALI E COMPONENTI	5
2.1 MODULI FOTOVOLTAICI	5
2.2 STRUTTURE DI SOSTEGNO	6
2.3 IMPIANTO ELETTRICO DC	7
2.4 QUADRI DC	9
2.5 QUADRI AC	9
2.6 INVERTER	10
2.7 CABINA BT DI CAMPO	11
2.8 CABINA DI TRASFORMAZIONE BT/MT	12
2.9 TRASFORMATORE BT/MT DI CAMPO	12
2.10 CABINA DI DISTRIBUZIONE MT	13
2.11 CABINA AUSILIARI	13
2.12 CABINA DI CONSEGNA UTENTE	14
2.13 CABINA CONSEGNA DISTRIBUTORE	15
3. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI	15
3.1 RISPONDE A LEGGI E REGOLAMENTI	15
3.2 NORMA PER LA PREVENZIONE INFORTUNI SUL LAVORO	16
3.3 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI CAVI, CIRCUITI E CONDUTTORI	16
<i>Isolamento dei cavi</i>	16
<i>Colori distintivi dei cavi</i>	17
<i>Sezioni minime e cadute di tensione massime ammesse</i>	17
<i>Sezione minima dei conduttori neutri</i>	18
<i>Sezione dei conduttori di terra e protezione</i>	18
<i>Fibra ottica</i>	18
3.4 SEZIONI MINIME DEL CONDUTTORE DI TERRA	18
3.5 CAVIDOTTI E CASSETTE DI DERIVAZIONE	19
3.6 TUBAZIONI PER LE COSTRUZIONI PREFABBRICATE	20
3.7 POSA DI CAVI ELETTRICI ISOLATI, SOTTO GUAINA, INTUBAZIONE INTERRATA	21
3.8 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	21

3.9	IMPIANTO DI MESSA A TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	22
	<i>Elementi di un impianto di terra</i>	22
	<i>Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione</i>	22
	<i>Protezione mediante doppio isolamento</i>	23
	<i>Protezione delle condutture elettriche</i>	23
3.10	IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE	24
4.	SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI ACCESSORIE	25
4.1	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	25
	<i>Acqua</i>	25
	<i>Calce</i>	25
	<i>Leganti idraulici</i>	26
	<i>Ghiaia, pietrisco e sabbia</i>	26
	<i>Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati</i>	28
	<i>Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio</i>	29
	<i>Pietrame</i>	29
	<i>Materiali ferrosi</i>	30
	<i>Legname</i>	30
4.2	PROVE DEI MATERIALI	31
4.3	STRADE E PAVIMENTAZIONI	31
4.4	SCAVI E MOVIMENTI TERRA	31

1. Caratteristiche generali del progetto

1.1 Oggetto dell'appalto

Il presente disciplinare ha per oggetto la descrizione dei lavori previsti durante la fase di progettazione definitiva per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato **SNARC_TERRA ZIRINGONIS** in **Contrada Terra Ziringonis**, nel Comune di **San Nicolò D'Arcidano (OR)**.

1.2 Descrizione del progetto

Il progetto riguarda un lotto di impianti fotovoltaici costituito da tre generatori fotovoltaici collegati in parallelo alla rete pubblica di distribuzione elettrica tramite gruppi di trasformazione distribuiti e dotati di distinte cabine di connessione MT.

Il lotto di impianti sarà composto complessivamente da n. **45.100** moduli in silicio **monocristallino** con tecnologia **PERC**, di potenza pari a **505 Wp**, distribuiti su n. **902** strutture di sostegno (blocco standard) ognuna composta di n. **50** moduli fotovoltaici, organizzati in n. **2** stringhe fotovoltaiche da n. **25** moduli ciascuna con orientamento est/ovest; complessivamente saranno presenti n. **1.804** stringhe fotovoltaiche costituite ognuna da n. **25** moduli collegati in serie.

Il lotto sarà composto da n. **3** impianti fotovoltaici, identificati con le lettere da "**A**" a "**C**", e dotati ciascuno di propria cabina di consegna MT.

Ogni impianto sarà suddiviso in n. **2** campi afferenti ad altrettante cabine di trasformazione identificati con le lettere del proprio impianto ed un numero rispettivamente pari a "**1**" e "**2**".

Per quanto detto si avranno i seguenti impianti e campi fotovoltaici:

- Impianto A, costituito dai campi A1 e A2;
- Impianto B, costituito dai campi B1 e B2;
- Impianto C, costituito dai campi C1 e C2.

La trasformazione dell'energia elettrica da continua ad alternata avverrà tramite l'impiego di inverter DC/AC di tipo distribuito, trifase, di potenza nominale pari a **150 kVA**, distribuiti all'interno del lotto di terreno in posizione per quanto possibile baricentrica rispetto alle stringhe. Gli inverter sono in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT) e costruiscono l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori stabiliti dalle norme. Ogni campo fotovoltaico sarà dotato di n. **20** gruppo di conversione per un totale di n. **120**.

Le uscite dei gruppi di conversione a **600 V** in corrente alternata, saranno connesse in parallelo in quadro dedicato ubicato all'interno della rispettiva cabina di campo bt (**CBT.X.Y**). L'uscita del parallelo in corrente alternata sarà elevata mediante l'impiego di trasformatori in resina a basse perdite BT/MT con rapporto di trasformazione **600/15.000 V/V** e di potenza pari a **3.150 kVA**, al fine di consentire l'immissione in rete dell'energia sulla rete in Media Tensione di e-distribuzione S.p.A.. Ogni campo fotovoltaico sarà dotato del proprio trasformatore per un totale di n. **6** trasformatori ubicate in altrettante cabine di trasformazione MT/BT (**CT.X.Y**).

Le uscite delle cabine di trasformazione saranno collegate in parallelo nella cabina di distribuzione MT (**CMT.X**), collegata alla cabina di consegna entro la quale sarà presente un gruppo di misura omologato il quale provvederà a contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Tale contatore dovrà rispondere alle prescrizioni del Gestore di Rete e dell'Autorità di Regolazione per Energia Rete e Ambiente (ARERA).

L'intera produzione netta di energia elettrica, al netto dell'autoconsumo di centrale, sarà riversata in rete con connessione in Media Tensione a **15 kV**.

1.3 Categorie di lavoro

I lavori richiesti per la realizzazione dell'impianto appartengono a due categorie:

- lavori di tipo impiantistico;
- lavori civili.

I lavori di tipo impiantistico, concorrono a tutte quelle attività lavorative volte: all'installazione dei moduli fotovoltaici con il collegamento alle apparecchiature elettriche/elettroniche deputate alla conversione, trasformazione e trasporto dell'energia elettrica; all'installazione dei quadri elettrici e delle macchine elettriche statiche adibite alla conversione e alla trasformazione dell'energia elettrica; all'installazione dei sistemi ausiliari di illuminazione, videosorveglianza e allarme.

I lavori civili riguardano le operazioni di sistemazione del lotto, la predisposizione e il montaggio delle strutture di sostegno, la realizzazione della viabilità, dei cavidotti e della recinzione, la predisposizione del piano di posa e la posa stessa delle cabine elettriche.

1.4 Opere da appaltare

Le opere da appaltare sono così classificabili:

1. fornitura e posa in opera degli elementi che costituiscono la struttura di sostegno dei moduli (aste di sostegno, piastre di fissaggio e piastre stabilizzatrici);
2. fornitura e posa in opera dei moduli fotovoltaici;
3. fornitura e posa in opera dei cavi BT ed MT;
4. connessioni e cablaggi;
5. fornitura e posa in opera delle cabine di campo;
6. fornitura e posa in opera degli inverter;
7. fornitura e posa in opera dei quadri elettrici;
8. fornitura e posa in opera dei trasformatori;
9. fornitura e posa in opera degli impianti ausiliari (illuminazione, videosorveglianza e allarme);
10. fornitura e posa in opera delle cabine di campo BT;
11. fornitura e posa in opera delle cabine di trasformazione BT/MT;
12. fornitura e posa in opera della cabina ausiliari;
13. fornitura e posa in opera della cabina di distribuzione MT;
14. fornitura e posa in opera della cabina di consegna lato utente;
15. fornitura e posa in opera della cabina di consegna lato Distributore;
16. realizzazione opere civili.

Le operazioni elencate sintetizzano le opere e le lavorazioni che verranno dettagliate in fase esecutiva.

2. Materiali e componenti

2.1 Moduli fotovoltaici

Le caratteristiche costruttive dei moduli dovranno essere conformi e non inferiori a livello prestazionale alle specifiche di seguito riportate.

I moduli fotovoltaici dovranno essere in silicio monocristallino con tecnologia PERC (Silicon mono Passivated Emitter Rear Contact), che consiste nella passivazione dello strato posteriore della cella in modo da "catturare" un maggior numero di elettroni. Le caratteristiche dei moduli fotovoltaici sono definite nelle condizioni standard di funzionamento, così come misurate in fabbrica mediante adeguata apparecchiatura di misura, alle condizioni standard di irraggiamento di 1000 W/m², AM

= 1,5 con distribuzione dello spettro solare di riferimento e temperatura delle celle di 25 ± 2 °C, STC.

I moduli dovranno essere certificati in accordo alla normativa IEC 61215, EN 61730.

MODULO FOTOVOLTAICO	
Tipo di celle fotovoltaiche	Silicio mono PERC
Potenza nominale, P _n [Wp]	450
Tolleranza sulla potenza [%]	0/+5
Tensione alla massima potenza, U _{mpp,stc} [V]	41,82
Corrente alla massima potenza, I _{mpp,stc} [A]	10,76
Tensione di circuito aperto, U _{oc,stc} [V]	50,20
Corrente massima di corto circuito, I _{sc,stc} [A]	11,20
Efficienza del modulo [%]	20,50
N° celle totali	144
Massima corrente inversa [A]	15,00
Coefficiente termico della tensione (β) [%/°C]	-0,31
Coefficiente termico della potenza (C _T) [%/°C]	-0,38
Coefficiente termico della corrente (α) [%/°C]	0,05
Massima tensione di esercizio [V]	1500
Scatola di giunzione con diodi di by-pass	IP67, 3 diodi
Cavi di connessione	2 cavi unipolari da 4 mm ² da 300 mm
Classe di protezione	II
Grado di protezione	IP68
Dimensioni [mm]	2098x1046x40
Peso [kg]	24,20

2.2 Strutture di sostegno

La struttura di sostegno dei moduli sarà del tipo PEG" e dovrà essere conforme alle specifiche di seguito riportate in modo esemplificativo ma non esaustivo:

- Struttura con materiale in acciaio S235;
- Materiali in accordo con EN10025/Eurocode EN 1993/S235-JR;
- Numero di moduli contenuti coincidenti con un multiplo di stringa.

Il generatore fotovoltaico sarà installato a terra con un sistema di sostegno e supporto denominato "PEG" che consiste nella posa dei moduli fotovoltaici con esposizione est/ovest su aste di supporto infisse nel terreno a una profondità di 80 cm circa, in assenza di elementi di profili orizzontali di supporto e di fondazioni. I moduli fotovoltaici saranno pertanto fissati su delle piastre costituenti

gli elementi terminali delle aste di supporto, costituendo quindi elementi portanti della struttura che si configura come una maglia interconnessa.

La struttura "PEG" è costituita da aste di sostegno, piastre di ancoraggio, piastre stabilizzatrici e di tutti i componenti per il raccordo ed il fissaggio degli elementi. Le aste di sostegno, in parte piantate nel terreno, sono realizzate con tondini in acciaio S235 del diametro minimo di 26 mm, ed avranno lunghezza pari a 1362 mm e 1509 mm, in maniera da conferire ai moduli la giusta inclinazione. All'estremità delle aste sarà fissata una piastra metallica in grado di garantire l'ancoraggio dei profili di n. **4** moduli fotovoltaici. In corrispondenza del terreno sarà inserita una piastra metallica in grado di stabilizzare l'intera struttura. La struttura sarà realizzata in maniera da costituire un blocco standard tipo da n. **50** pannelli fotovoltaici con esposizione est/ovest, comprendente n. **66** aste con relative piastre, ed in particolare n. **30** aste di lunghezza 1509 mm e n. **36** aste di lunghezza 1362 mm.

Il blocco standard sarà costituito da n. **50** moduli fotovoltaici organizzati in n. **2** stringhe fotovoltaiche da n. **25** moduli ciascuna con esposizione rispettivamente Est e Ovest.

I carichi accidentali dovuti ai moduli e alle loro strutture di sostegno, tenuto conto della normativa vigente e dei coefficienti di sicurezza, non dovranno far superare alle strutture delle opere sulle quali verranno ubicati il valore di resistenza massimo per le quali sono state progettate.

I moduli hanno prestazioni meccaniche idonee a sopportare i carichi statici di pressione, e azioni dinamiche dovute alla forza del vento secondo la normativa vigente.

2.3 Impianto elettrico DC

L'impianto elettrico in corrente continua dovrà essere del tipo isolato in classe II e costituente un sistema IT. Il grado minimo di protezione dei quadri e apparecchiature dovrà essere IP 54 se posti all'esterno mentre IP 21 se posti all'interno.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo si riportano le principali normative tecniche:

- CEI 82-25; V2 Edizione 10-2012: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo;
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (82-12): moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 62108 (82-30): moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31): connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34): fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35): rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62446 (CEI 82-38): grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;
- CEI 20-91: cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici;
- UNI 8477: energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;

- UNI 10349: riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- UNI/TR 11328-1:2009: "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

2.4 Quadri DC

I quadri elettrici per installazioni esterne hanno un grado di protezione a partire da IP54, e sono dotati di apposita morsettiera su cui attestare i cavi entranti ed uscenti.

I quadri elettrici contengono i dispositivi di manovra, protezione individuati in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione (tensione non inferiore a 1500 Vdc, Icc, ecc.), non è prevista la connessione a terra di nessun polo.

Internamente sono previste protezione su barre e parti in tensione, dovranno essere dotati di SPD e dispositivi di interruzione e sezionamento al fine di consentire il sezionamento e la protezione in condizione di funzionamento anomalo.

I quadri elettrici devono riportare chiaramente ed in modo indelebile, il nominativo del costruttore del quadro, i dati caratteristici e lo schema del quadro come da normativa vigente.

QPS	
Tensione massima [Vdc]	1500
Corrente di ingresso massima [A]	12x16
Massima corrente di cortocircuito [A]	400
Numero di ingressi massimo	16
Protezione stringhe	Fusibili
Monitoraggio	SI
Protezione da sovracorrente uscita	Interruttore automatico
Protezione da sovratensione uscita	SPD Tipo 1-2
Sezione massima conduttore di uscita	240 mm ²
Grado di protezione	IP65
Fattore di potenza	1
Dimensioni (WxHxD) [mm]	1000x750x350
Peso [kg]	41

2.5 Quadri AC

Per i quadri in bassa tensione, il grado minimo di protezione è IP 21 se posti all'interno. I quadri elettrici contengono i dispositivi di manovra, protezione individuati in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione (tensione non superiore a 1000 V, Icc, ecc..). Internamente sono previste protezione su barre e parti in tensione, dovranno essere dotati di SPD

e dispositivi di interruzione e sezionamento al fine di consentire il sezionamento e la protezione in condizione di funzionamento anomalo con norma di riferimento IEC 61439-2/3.

Per i quadri in media tensione, il grado minimo di protezione è IP3X, contengono dispositivi di manovra, protezione in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione (corrente di breve durata ammissibile 16 kA, temperatura, altitudine, ecc..) e delle grandezze elettriche proprie dell'impianto quali (tensione nominale 24 kV, 50 Hz, corrente nominale non inferiore a 630 A, ecc. Sono previste azioni di manovra automatiche e/o manuali e sistemi di interblocco. Il dispositivo di protezione del generatore e i sistemi di protezione generale e di interfaccia dovranno essere conformi alla CEI 0-16.

2.6 Inverter

Gli inverter dovranno essere idonei alla conversione della potenza dal campo fotovoltaico da DC a AC, in conformità ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI, in particolare alla CEI 0-16. Il convertitore statico sarà del tipo PWM di tipo fulldigital a commutazione forzata che, funzionando in parallelo alla rete erogherà nella rete stessa l'energia generata dal campo fotovoltaico inseguendo il punto di massima potenza. L'inverter sarà fornito di filtri per il contenimento delle armoniche verso rete secondo la vigente normativa, il $\cos\phi$ è fissato al valore di 1. Nella regolazione, nel campo di funzionamento 20 ÷ 100%, la variazione del $\cos\phi$ sarà contenuta entro il $\pm 10\%$.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, le caratteristiche principali dell'inverter sono:

INVERTER	
Lato c.c.	
Potenza massima [Wp]	225.000
Tensione massima [Vdc]	1500
Tensione minima [Vdc]	591
Range di tensione in ingresso [Vdc]	880 - 1450
Corrente di ingresso massima [A]	180
Massima corrente di cortocircuito [A]	325
Numero MPPT	1
Collegamento stringhe	connettore
Monitoraggio delle correnti di dispersione	SI
Lato c.a.	
Potenza nominale [VA]	150.000

Potenza apparente massima [VA]	150.000
Tensione nominale [V]	600
Frequenza nominale [Hz]	50
Corrente di uscita massima [A]	151
Fattore di potenza	1
Collegamento alla rete	connettore
Efficienza [%]	99,1
Efficienza ponderata europea [%]	98,8

Gli inverter saranno del tipo distribuito e posti all'esterno in posizione per quanto possibile baricentrica rispetto al sottocampo fotovoltaico e posti vicini al rispettivo quadro di parallelo stringhe.

2.7 Cabina BT di campo

La cabina di campo sarà conforme ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI per le cabine di media tensione a 15 kV.

La cabina sarà composta da un'unica sezione contenente il quadro BT di parallelo degli inverter di campo. Essa sarà dimensionata per poter contenere al suo interno, in alternativa alla soluzione progettuale proposta, un inverter centralizzato.

All'interno della cabina sono inoltre presenti:

- sistema di illuminazione di cabina, sistema allarme e antintrusione;
- quadri bt e sistemi di protezione e manovra;
- UPS.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla CEI EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi; l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.

2.8 Cabina di trasformazione BT/MT

La cabina di trasformazione sarà conforme ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI per le cabine di media tensione a 15 kV.

La cabina sarà composta da due sezioni: un locale dedicato al quadro MT ed un locale dedicato all'alloggiamento del trasformatore da 2500 kVA.

All'interno della cabina sono inoltre presenti:

- sistema di illuminazione di cabina, sistema allarme e antintrusione;
- quadri MT e sistemi di protezione e manovra;
- Trasformatore BT/MT da 3.150 kVA;

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla CEI EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi; l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.

2.9 Trasformatore BT/MT di campo

Per l'innalzamento del livello di tensione e l'interfacciamento alla linea elettrica di Media Tensione, saranno installati dei trasformatori in resina a bassissime perdite aventi le seguenti caratteristiche.

CARATTERISTICHE TECNICHE TRASFORMATORI		
Potenza nominale	kVA	3.150
Frequenza nominale	Hz	50
Tensione nominale primaria	kV	15
Tensione nominale secondaria a vuoto	V	600
Tensione di isolamento primario	kV	17,5/38/95
Tensione di isolamento secondario	kV	1,1 - 3
Tensione di cortocircuito Vcc%	%	6
Perdite a vuoto Po	W	3.420
Perdite in cortocircuito Pcc (120°)	W	22.000
Corrente a vuoto Io	%	0,40
Simbolo di collegamento		Dyn11
Collegamento primario		Triangolo
Collegamento secondario		Stella + neutro

Installazione		Interno
Tipo di isolamento		Resina

2.10 Cabina di distribuzione MT

La cabina sarà conforme ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI per le cabine di media tensione a 15 kV.

La cabina sarà composta da un unico locale dedicato al quadro MT di parallelo e SPI.

All'interno della cabina sono inoltre presenti:

- sistema di illuminazione di cabina, sistema allarme e antintrusione;
- quadri MT e sistemi di protezione e manovra;
- SPI;
- UPS.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla CEI EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi; l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.

2.11 Cabina ausiliari

La cabina di sarà conforme ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI per le cabine di media tensione a 15 kV.

La cabina sarà composta da due sezioni: un locale dedicato al quadro MT ed al quadro generale BT dei servizi ausiliari, ed un locale dedicato all'alloggiamento del trasformatore.

All'interno della cabina sono inoltre presenti:

- sistema di illuminazione di cabina, sistema allarme e antintrusione;
- quadri MT, BT e sistemi di protezione e manovra;
- UPS.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla CEI EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi; l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.

2.12 Cabina di consegna utente

La cabina è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco in CAV adibito al contenimento delle apparecchiature elettriche/elettromeccaniche in bassa e media tensione e componentistica elettronica.

La cabina utente ospita il quadro di media tensione composto da scomparto PG (protezione generale) conforme a CEI 0-16 e scomparto misurazione energia prodotta.

Le porte esterne sono dotate della seguente cartellonistica:

- divieto di accesso a personale non autorizzato;
- triangolo giallo con folgore nera simboleggiante 'tensione pericolosa' con scritta sottostante Alta tensione-Pericolo di morte;
- divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi.

La cabina è dotata di griglie in resina poliestere rinforzate autoestinguente, secondo le prescrizioni con un grado di protezione IP 33 secondo la norma CEI-EN 60529 ed IK10 secondo CEI-EN 50102. Le griglie sono corredate di rete anti-insetto in acciaio inox con maglia 10x10mm. amovibile e di accessori per il fissaggio.

La cartellonistica interna di cabina prevede:

- schema elettrico;
- istruzioni relative ai soccorsi di urgenza in seguito a folgorazione.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali, serratura con chiave a spillo e pulsante di sgancio tensione.

2.13 Cabina consegna Distributore

La cabina è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco omologato e distribuzione del tipo DG 2092. Comprende il vano misure che ospiterà il contatore fiscale di scambio e il vano consegna con il quadro di media tensione secondo le esigenze di e-distribuzione. La cabina è dotata di porte unificate, griglie di aerazione in vetroresina, prese d'aria per la ventilazione naturale aventi reti anti insetto, inoltre ed è provvista di serratura e chiave a spillo. Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

La cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee passanti cavi atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e l'ingresso di animali.

Le porte esterne sono dotate della seguente cartellonistica:

- divieto di accesso a personale non autorizzato;
- triangolo giallo con folgore nera simboleggiante 'tensione pericolosa' con scritta sottostante Alta tensione-Pericolo di morte;
- divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi.

La cartellonistica interna di cabina prevede:

- schema elettrico;
- istruzioni relative ai soccorsi di urgenza in seguito a folgorazione.

3. Specifiche tecniche degli impianti

3.1 Rispondenza a leggi e regolamenti

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

L'obiettivo richiesto dalle citate leggi è raggiungibile riferendosi alle Norme CEI ed alle Norme UNI. Il rispetto delle prescrizioni riportate in tali norme consente di ottenere opere eseguite a "regola d'arte".

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione del progetto ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni e indicazioni di e-distribuzione;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- alle prescrizioni di autorità locali;
- alle prescrizioni e indicazioni nel caso di interferenze impiantistiche con le società di servizi interessate;

3.2 Norma per la prevenzione infortuni sul lavoro

Negli elaborati grafici deve essere chiaramente precisata la destinazione o l'uso di ciascun ambiente, affinché si tenga in debito conto nella progettazione degli impianti ai fini dalle vigenti disposizioni di legge in materia antinfortunistica, nonché dalle norme CEI.

3.3 Prescrizioni riguardanti cavi, circuiti e conduttori

Di seguito si riportano le seguenti prescrizioni, in conformità alle norme CEI

Isolamento dei cavi

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti al livello di tensione di utilizzo. I cavi solari saranno del tipo FG21M21 con tensione nominale non inferiore a 1500 VDC, la sezione per i cavi di stringa è 6 mm². I cavi in DC di parallelo stringhe saranno del tipo FG16OR16 con tensione nominale non inferiore a 1500 VDC con sezioni idonee affinché la caduta di tensione del generatore fotovoltaico sia inferiore al 2%.

I cavi in AC, nell'ambito della bassa tensione, avranno tensione verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiori a 450/750V, simbolo di designazione 07 in dipendenza dal livello di tensione di utilizzo. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore.

I cavi in AC, nell'ambito della media tensione, avranno tensione verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiori a 12/20kV e saranno in rame del tipo RG7H1R 12/20kV 3x1x50 mm² per cavidotti d'impianto con possibile differente sezione purché idonea al livello di cortocircuito, portata in corrente e caduta di tensione e del tipo RG7H1R 12/20kV 3x1x240 mm², conforme alla specifica tecnica e-distribuzione, per il cavo di collegamento con la rete come da CEI 0-16.

Colori distintivi dei cavi

I cavi impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74/ 00712. In particolare nell'ambito della bassa tensione, i cavi di neutro e di protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo verde. Per quanto riguarda i cavi di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone, per i cavi in DC si prevede la colorazione nera. I cavi in MT saranno di colore rosso.

Sezioni minime e cadute di tensione massime ammesse

Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione in AC e il 2% della tensione in DC) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse sono:

- 0,75 mm² per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm² per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione;
- 2,5 mm² per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2 kW e inferiore o uguale a 3,6 kW;
- 4-6 mm² per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW.

Sezione minima dei conduttori neutri

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

Sezione dei conduttori di terra e protezione

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella seguente, tratta dalle norme CEI 64-8:

Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio (mm²)	Cond. protez. facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase (mm²)	Cond. protez. non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo nel conduttore di fase (mm²)
minore o uguale a 16	sezione del conduttore di fase	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
minore o uguale a 16 e minore o uguale a 35	16	16
maggiore di 35	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme	metà della sezione del conduttore fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme

Fibra ottica

La fibra ottica dovrà avere almeno 24 cores con 24 differenti colori come prescritto da EIA/TIA 598, monomodale e di diametro minimo 125µm e collocata in tubazioni separate da altre tipologie di cavi.

3.4 Sezioni minime del conduttore di terra

La sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione riportata nel paragrafo precedente, con i minimi di seguito indicati:

- Protetto contro la corrosione ma non meccanicamente 16 (Cu) - 16 (Fe) [mm²]

- non protetto contro la corrosione 25 (Cu) - 50 (Fe) [mm²]

In alternativa ai criteri sopra indicati è ammesso, nel caso di bt, il calcolo della sezione minima del conduttore di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 9.6.01 delle norme CEI 64-8. Nell'ambito della media tensione, le norme di riferimento saranno CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) - Impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c. a.-Parte 1: Prescrizioni comuni e CEI EN 50522 (CEI 99-3) - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a., va precisato che l'impianto di terra è da considerarsi unico.

3.5 Cavidotti e cassette di derivazione

In conformità al progetto, i cavi di stringa saranno posati all'interno di una passerella a filo della dimensione di 55x100 mm ancorata alla struttura, mentre lì dove necessario, saranno posati in tubi corrugati interrati. I cavi di segnale saranno posati in tubi corrugati interrati mentre i cavi di energia dagli string combiner (QPS) ai quadri di parallelo (QBT) dovranno essere idonei alla posa interrata, per quest'ultimi si prevede una posa interrata. Per il cavo di media tensione dell'impianto fotovoltaico, idoneo alla posa interrata, si prevede una posa interrata. La norma di riferimento è CEI 11-17.

Il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti, il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi.

Il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi, in particolare il raggio di curvatura sarà: 14 D per cavi con schermatura a fili o nastri o a conduttore concentrico (caso dei cavi di media tensione) e 12 D per cavi senza alcun rivestimento metallico, dove D = diametro esterno. La temperatura minima di posa del cavo in oggetto, nel rispetto delle indicazioni fornite dal costruttore, non è inferiore a 0°C.

All'interno delle cabine, le strutture protettive dei cavi possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile. Si devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- tubi protettivi che ospitano una moltitudine di cavi devono essere disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa;
- evitare brusche deviazioni sulla struttura muraria dei locali, in ogni caso calcolando sempre il raggio di curvatura di tubazioni e cavi non inferiore al valore minimo, ove possibile la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione;
- le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette saranno di tipo prefabbricato e nelle condizioni ordinarie di installazione non vi sarà possibile introdurre corpi estranei, dovrà inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo;
- i tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante. È ammesso utilizzare lo stesso tubo e le stesse cassette purché i montanti alimentino lo stesso complesso di locali e che ne siano contrassegnati per la loro individuazione, almeno in corrispondenza delle due estremità;
- qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, non amovibili se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

3.6 Tubazioni per le costruzioni prefabbricate

I tubi protettivi annegati nel calcestruzzo devono rispondere alle prescrizioni delle norme CEI 23-17. Essi devono essere inseriti nelle scatole preferibilmente con l'uso di raccordi atti a garantire una perfetta tenuta. La posa dei raccordi deve essere eseguita con la massima cura in modo che non si creino strozzature. Allo stesso modo i tubi devono essere uniti tra loro per mezzo di appositi manicotti di giunzione.

La predisposizione dei tubi deve essere eseguita con tutti gli accorgimenti della buona tecnica in considerazione del fatto che alle pareti prefabbricate non è in genere possibile apportare sostanziali modifiche né in fabbrica né in cantiere.

3.7 Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, intubazione interrata

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa e privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costituire, in primo luogo, un letto di sabbia di fiume, vagliata e lavata, o di cava, vagliata, dello spessore di almeno 5 cm, sul quale si dovranno distendere i cavi;
- i cavi bt di segnale di stringa verranno disposti in distinti tubi corrugati come stabilito dalla norma CEI 11-17;
- si dovrà apportare un riempimento con materiale vagliato;
- nella disposizione del materiale arido di cui sopra, ad una profondità di almeno 20 cm dell'extradosso superiore del cavidotto verrà steso un nastro monitore;
- il rinterro continuerà mediante l'utilizzo di materiale arido, fino al piano di campagna.
- Il diametro interno della tubazione dovrà essere in rapporto non inferiore a 1,4 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi sistemati a fascio.

3.8 Protezione contro i contatti indiretti

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e le masse metalliche degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti l'impianto elettrico sarà dotato di un impianto di terra coordinato con il sistema di protezione.

A tale impianto di terra potranno essere collegate le masse previa verifica di calcolo progettuale e/o misura delle tensioni di contatto.

3.9 Impianto di messa a terra e sistemi di protezione contro i contatti indiretti

Il campo fotovoltaico DC è gestito come sistema IT in cui la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete è realizzata dai trasformatori BT/MT. La restante parte del sistema elettrico è esercita come sistema TN-S.

Elementi di un impianto di terra

L'impianto di terra verrà realizzato in conformità alla CEI EN 61936-1 (CEI 99-2)- e CEI EN 50522 (CEI 99-3), a cui sarà connessa sia la sezione in BT, sia la sezione in MT dell'impianto elettrico.

L'impianto di terra si compone di una magliatura interna all'impianto fotovoltaico con conduttore in rame nudo da 35 mm² posta all'interno dei cavidotti. Le strutture di sostegno sono collegate tra loro a mezzo di conduttore equipotenziale in rame con guaina giallo/verde da **16 mm²** e ogni string combiner presente nell'impianto è collegato alla maglia di terra a mezzo conduttore in rame nudo da **50 mm²**.

Ogni cabina di media tensione sarà circondata da un anello perimetrale e con almeno due conduttori di terra connessi al collettore di cabina. Ogni cabina d'impianto sarà dotata di collettori su cui sono bullonati i conduttori di terra e i conduttori equipotenziale di cabina.

Le cabine sono circondate da un dispersore ad anello semplice interrato alla profondità di 50 cm in rame nudo da **50 mm²** con le 4 estremità connesse con un dispersore in acciaio zincato a caldo, aventi sezione a croce e lunghezza 1.5 m collocati ciascuno in un proprio pozzetto dotato di chiusino carrabile in cemento armato. L'anello circonda le cabine con distanza di circa 1 m.

Lo schermo metallico del cavo in MT sarà connesso a terra nelle cabine di media tensione contribuendo così al trasporto di un'aliquota di corrente di guasto.

Prima della messa in esercizio dell'impianto andrà eseguita la misura della resistenza di terra e della tensione di contatto come previsto dalla normativa.

Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione

Nell'ambito della bassa tensione, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

1. coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente. Questo tipo di protezione richiede il soddisfacimento della seguente relazione tra l'impianto di terra e l'interruttore con relè magnetotermico:

$$R_t \leq 50/I_s$$

dove R_t è il valore della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e I_s è il più elevato delle correnti di intervento in un tempo $\leq 5s$ dei dispositivi di massima corrente posti a protezione delle singole derivazioni;

2. coordinamento fra impianto di messa a terra e interruttori differenziali. Questo tipo di protezione richiede il soddisfacimento della seguente relazione tra l'impianto di terra e interruttore con relè differenziale:

$$R_t \leq 50/I_{dn}$$

dove R_t è il valore della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e I_{dn} il più elevato fra i valori delle correnti differenziali nominali di intervento delle protezioni differenziali poste a protezione dei singoli impianti utilizzatori.

3. Per la sezione MT, si eseguirà la verifica tra i parametri elettrici della protezione generale secondo lo schema prescritto dalla CEI EN 61936-1 (CEI 99-2)- e CEI EN 50522 (CEI 99-3).

Protezione mediante doppio isolamento

La protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata a mezzo del doppio isolamento con apparecchi di Classe II. In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

Protezione delle condutture elettriche

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

Le protezioni contro i sovraccarichi e i cortocircuiti devono essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8.

In particolare i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente di funzionamento (I_f)

minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z). In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ e } I_f \leq 1,45 I_z$$

Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto in tempi sufficientemente brevi per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione

$$I^2 t \leq K S^2 \text{ (Norme CEI 64-8/1 - 7)}$$

Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (art. 6.3.02 delle norme CEI 64-8). In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante $I_z t$ lasciata passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.

3.10 Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche

L'impianto dovrà essere verificato ai fini della protezione contro i fulmini, in conformità della CEI EN 62305-1 e del D.M. 22/01/2008, n.37.

In particolare, i criteri per la progettazione, l'installazione e la manutenzione delle misure di protezione contro i fulmini sono considerati in due gruppi separati:

- il primo gruppo, relativo alle misure di protezione atte a ridurre il rischio sia di danno materiale che di pericolo per le persone, è riportato nella norma CEI EN 62305-3;
- il secondo gruppo, relativo alle misure di protezione atte a ridurre i guasti di impianti elettrici ed elettronici presenti nella struttura, è riportato dalla norma CEI EN 62305-4.

Tali criteri conducono a suddividere l'impianto di protezione contro i fulmini nelle seguenti parti:

1. impianto di protezione contro le fulminazioni dirette (impianto base) costituito dagli elementi normali e naturali atti alla captazione, all'adduzione e alla dispersione nel suolo della corrente del fulmine (organo di captazione, calate, dispersore);
2. impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (impianto integrativo) costituito da tutti i dispositivi (quali connessioni metalliche, limitatori di tensione) atti a contrastare gli

effetti (ad esempio: tensione totale di terra, tensione di passo, tensione di contatto, tensione indotta, sovratensione sulle linee) associati al passaggio della corrente di fulmine nell'impianto di protezione o nelle strutture e masse estranee ad esso adiacenti.

L'impianto deve essere realizzato in modo da ridurre a un valore accettabile prestabilito il rischio che il fulmine raggiunga un punto qualsiasi posto all'interno del volume protetto.

4. Specifiche tecniche opere civili accessorie

4.1 Qualità e provenienza dei materiali

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché ad insindacabile giudizio della direzione siano riconosciuti della migliore qualità della specie e rispondano ai requisiti appresso indicati.

Quando la direzione dei lavori avrà rifiutata qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'appaltatore dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti, ed i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede del lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'appaltatore.

L'Appaltatore, il direttore dei lavori, il direttore dell'esecuzione o il collaudatore, nell'ambito delle specifiche competenze, dovranno utilizzare prodotti conformi agli articoli 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 del regolamento (UE) n. 305/2011 e all'articolo 5, comma 5 del decreto 106/2017.

Acqua

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e scevra da materie terrose da cloruri e da solfati.

Calce

Le calce aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme vigenti. La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente e perfetta cottura, di colore uniforme, non bruciata, né vitrea, né pigra ad idratarsi ed infine di qualità tale che, mescolata con la sola quantità d'acqua dolce necessaria alla estinzione, si trasformi completamente in una pasta soda a grassello tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non bene decarburate, siliciose od altrimenti inerti.

La calce viva, al momento dell'estinzione, dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita, e perciò si dovrà provvedere la calce viva a misura del bisogno e conservarla comunque in luoghi asciutti e ben riparati dalla umidità.

L'estinzione della calce viva dovrà farsi con i migliori sistemi conosciuti ed a seconda delle prescrizioni della direzione dei lavori in apposite vasche impermeabili rivestite di tavole o di muratura. La calce grassa destinata agli intonaci dovrà essere spenta almeno sei mesi prima dell'impiego.

Leganti idraulici

Le calce idrauliche, i cementi e gli agglomeranti cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno corrispondere a tutte le particolari prescrizioni di accettazione di cui alle norme vigenti.

Essi dovranno essere conservati in magazzini coperti su tavolati in legno ben riparati dall'umidità o in silos.

Ghiaia, pietrisco e sabbia

Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi dovranno corrispondere alle condizioni di accettazione considerate nelle norme di esecuzione delle opere in conglomerato semplice od armato di cui alle norme vigenti.

Le ghiaie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi omogenei derivanti da rocce resistenti il più possibile omogenee e non gelive; tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, facilmente sfaldabili o rivestite da incrostazioni o gelive.

La sabbia da impiegarsi alle murature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra da materie terrose ed organiche e ben lavata. Dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da mm 1 a mm 5.

La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla direzione dei lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni della messa in opera dei calcestruzzi. L'appaltatore dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro. Per lavori di notevole importanza l'appaltatore dovrà disporre della serie dei vagli normali atti a consentire alla direzione dei lavori i normali controlli.

In linea di massima, per quanto riguarda la dimensione degli elementi dei pietrischi e delle ghiaie dovranno essere da mm 40 a mm 71 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 71 U.N.I. n. 2334) per lavori correnti di fondazioni, elevazione, muri di sostegno; da mm 40 a mm 60 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 60 U.N.I. n. 2334) se si tratti di volti, di getti di un certo spessore; da mm 25 a mm 40 (trattenuti dal crivello 25 U.N.I. e passanti da quello 40 U.N.I. n. 2334) se si tratta di volti o getti di limitato spessore.

Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante, e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica o sfaldabili facilmente, o gelide o rivestite di incrostazioni. Il pietrisco, il pietrischetto e la graniglia, secondo il tipo di massicciata da eseguire, dovranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, alla abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo: e dovranno essere scevri di materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee (1). Sono escluse le rocce marmose.

Qualora la roccia provenga da cave nuove o non accreditate e che per natura e formazione non diano affidamento sulle sue caratteristiche, è necessario effettuare su campioni prelevati in cava, che siano significativi ai fini della coltivazione della cava, prove di compressione e di gelività.

Quando non sia possibile ottenere il pietrisco da cave di roccia, potrà essere consentita per la formazione di esso la utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavabili da scavi, nonché di ciottoloni o massi ricavabili da fiumi o torrenti sempreché siano provenienti da rocce di qualità idonea.

I materiali suindicati, le sabbie e gli additivi dovranno corrispondere alla norma di accettazione del fascicolo n. 4 ultima edizione, del consiglio nazionale delle ricerche.

Rispetto ai crivelli U.N.I. 2334, i pietrischi saranno quelli passanti dal crivello 71 U.N.I. e trattenuti dal crivello 25 U.N.I. i pietrischetti quelli passanti dal crivello 25 U.N.I. e trattenuti dal crivello 10 U.N.I. le graniglie quelle passanti dal crivello 10 U.N.I. e trattenute dallo staccio 2 U.N.I. 2332.

Di norma si potranno essere utilizzate le seguenti pezzature:

- pietrisco da 40 a 71 millimetri ovvero da 40 a 60 millimetri se ordinato, per la costruzione di massicciate all'acqua cilindrate;

- pietrisco da 25 a 40 millimetri (eccezionalmente da 15 a 30 millimetri granulometria non unificata) per la esecuzione di ricarichi di massicciate e per materiali di costipamento di massicciate (mezzanello);
- pietrischetto da 15 a 25 millimetri per esecuzione di ricarichi di massicciate per conglomerati bituminosi e per trattamenti con bitumi fluidi;
- pietrischetto da 10 a 15 millimetri per trattamenti superficiali, penetrazioni, semipenetrazioni, e pietrischetti bituminati;
- graniglia normale da 5 a 10 millimetri per trattamenti superficiali, tappeti bitumati, strato superiore di conglomerati bituminosi;
- graniglia minuta da 2 a 5 millimetri di impiego eccezionale e previo specifico consenso della direzione dei lavori per trattamenti superficiali; tale pezzatura di graniglia, ove richiesta sarà invece usata per conglomerati bituminosi.

Nella fornitura di aggregato grosso per ogni pezzatura sarà ammessa una percentuale in peso non superiore al 5% di elementi aventi dimensioni maggiori o minori di quelle corrispondenti ai limiti della prescelta pezzatura, purché, per altro, le dimensioni di tali elementi non superino il limite massimo o non siano oltre il 10% inferiori al limite minimo della pezzatura fissata.

Gli aggregati grossi non dovranno essere di forma allungata o appiattita (lamellare).

Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati

Essi debbono identificarsi mediante la loro granulometria e i limiti di Atterberg, che determinano la percentuale di acqua in corrispondenza della quale il comportamento della frazione fina del terreno (passante al setaccio 0,42 millimetri n. 40 A.S.T.M.) passa da una fase solida ad una plastica (limite di plasticità L.P.) e da una fase plastica ad una fase liquida (limite di fluidità L.L.) nonché dall'indice di plasticità (differenza fra il limite di fluidità L.L. e il limite di plasticità L.P.).

Tale indice da stabilirsi in genere per raffronto con casi similari di strade già costruite con analoghi terreni, ha notevole importanza.

Salvo più specifiche prescrizioni della direzione dei lavori si potrà fare riferimento alle seguenti caratteristiche (Highway Research Board):

- strati inferiori (fondazione): tipo miscela sabbia-argilla: dovrà interamente passare al setaccio 25 millimetri: ed essere almeno passante per il 65% al setaccio n. 10 A.S.T.M.; il

detto passante al n. 10, dovrà essere passante dal 55 al 90% al n. 20 A.S.T.M. e dal 35 al 70% passante al n. 40 A.S.T.M. dal 10 al 25% passante al n. 200 A.S.T.M.;

- strati inferiori (fondazione): tipo di miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: dovrà essere interamente passante al setaccio da 71 millimetri: ed essere almeno passante per il 50% al setaccio da 10 millimetri dal 25 al 50% al setaccio n. 4, dal 20 al 40% al setaccio n. 10, dal 10 al 25% al setaccio n. 40, dal 3 al 10% al setaccio n. 200;
- negli strati di fondazione, di cui al primo e secondo punto, l'indice di plasticità non deve essere superiore a 6, il limite di fluidità non deve superare 25 e la frazione passante al setaccio n. 200 A.S.T.M. deve essere preferibilmente la metà di quella passante al setaccio n. 40 e in ogni caso non deve superare i due terzi di essa.

Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio

Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo strato saturo. Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni specifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindatura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 centimetri.

Per gli strati superiori si farà uso di materiali lapidei più duri tali da assicurare un C.B.R. saturo di almeno 80; la granulometria dovrà essere tale da dare la minima percentuale di vuoti; il potere legante del materiale non dovrà essere inferiore a 30; la dimensione massima degli aggregati non dovrà superare i 6 centimetri.

Pietrame

Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro dovranno corrispondere ai requisiti richiesti dalle norme in vigore e dovranno essere a grana compatta ed ognuna monda da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento senza screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego ed offrire una resistenza proporzionata alla entità della sollecitazione cui devono essere assoggettate. Saranno

escluse le pietre alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente. Le pietre da taglio, oltre a possedere gli accennati requisiti e caratteri generali, dovranno essere sonore alla percussione, immuni da fenditure e litoclasie e di perfetta lavorabilità.

Materiali ferrosi

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, breccie, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste nel D.M. 29 febbraio 1908, modificate dal D.P. 15 luglio 1925, nonché nelle norme U.N.I. vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

- il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.
- l'acciaio extradolce laminato (comunemente chiamato ferro omogeneo) dovrà essere eminentemente dolce e malleabile, perfettamente lavorabile a freddo ed a caldo, senza presentare screpolature od alterazioni; dovrà essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempra. Alla rottura dovrà presentare struttura finemente granulare ed aspetto sericeo;
- l'acciaio sagomato ad alta resistenza dovrà soddisfare alle seguenti condizioni: il carico di sicurezza non deve superare il 35% del carico di rottura; non deve inoltre superare il 40% del carico di snervamento quando il limite elastico sia stato elevato artificialmente con trattamento a freddo (tordione, trafilatura), il 50% negli altri casi. Il carico di sicurezza non deve comunque superare il limite massimo di 2400 kg/cmq.

Detti acciai debbono essere impiegati con conglomerati resistenza cubica a 28 giorni di stagionatura non inferiore a kg/cmq 250; questa resistenza è riducibile a kg/cmq 200 quando la tensione nell'acciaio sia limitata a kg/cmq 2200.

Legname

I legnami, da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 30 ottobre 1912, saranno provveduti fra le più scelte

qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I requisiti e le prove dei legnami saranno quelli contenuti nelle vigenti norme U.N.I.

4.2 Prove dei materiali

In correlazione a quanto è prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'appaltatore sarà obbligata a presentarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni ad istituto sperimentale debitamente riconosciuto.

L'appaltatore sarà tenuta a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli istituti stessi. Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio dirigente, munendoli di sigilli e firma del direttore dei lavori e dell'appaltatore, nei modi più adatti a garantire l'autenticità.

4.3 Strade e pavimentazioni

I percorsi saranno realizzati con le seguenti operazioni:

1. preparazione del fondo mediante rullatura e messa in quota della sabbia del drenaggio;
2. preparazione di un sottofondo stradale in misto di ghiaia e roccia frantumata ben costipato, per uno spessore di 20 cm;
3. strato superficiale per lo spessore di cm 10, di materiale granulare delle stesse caratteristiche dello strato di fondazione ma di diametro massimo pari a 30 mm;
4. miscelazione meccanica in sito, stesa e sagomatura dei materiali premiscelati mediante livellatrice o vibrofinitrice e costipamento con macchine idonee in modo da ottenere una densità del 90-95% della massima densità ottenuta in laboratorio.

4.4 Scavi e Movimenti Terra

Tutti gli scavi dovranno essere spinti fino a terreno stabile e riconosciuto idoneo all'appoggio dei carichi da farvi insistere. Per le opere di livellamento del piano di posa delle strutture sono previsti scavi in sezione ampia.

La pendenza longitudinale massima del profilo di terreno, in direzione nord-sud, non dovrà superare il 6%. Nell'esecuzione degli scavi l'appaltatore dovrà predisporre tutte le precauzioni

necessari per evitare franamenti in relazione alla natura del terreno e alla presenza di altri manufatti.

I materiali ricavati dagli scavi saranno utilizzati per effettuare i riporti.