

IMPIANTO AGROVOLTAICO SAN MARTINO

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Progetto definitivo

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C21PWT008AFR00400_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	26/10/2022	Prima emissione	C.Nicoletti	M.Barresi	L. Sblendido

VALIDATION

COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY
---------------	-------------	--------------

PROJECT / PLANT San Martino	CODE C21PWT008AFR00400
CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE

INDICE

CAPITOLO 1-CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO	3
ART.1-OGGETTO DELL'APPALTO.....	3
ART.2-DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
ART.3-CATEGORIE DI LAVORO	3
ART.4-OPERE DA APPALTARE	3
CAPITOLO 2- MATERIALI E COMPONENTI.....	4
ART.5-MODULI FOTOVOLTAICI.....	4
ART.6-STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI	4
ART.7-IMPIANTO ELETTRICO DC (IMPIANTO FOTOVOLTAICO).....	4
ART.8-QUADRI DC (IMPIANTO FOTOVOLTAICO)	5
ART.9- QUADRI AC BT (IMPIANTO FOTOVOLTAICO).....	6
ART.10-INVERTER CENTRALIZZATI (IMPIANTO FOTOVOLTAICO)	6
ART.11-INVERTER DI STRINGA (IMPIANTO FOTOVOLTAICO).....	7
ART.12-TRASFORMATORE DI POTENZA.....	8
ART.13-CABINE DI TRASFORMAZIONE (TC)	8
ART.14-CABINE DI CAMPO – POWER STATION (IMPIANTO FOTOVOLTAICO)	8
ART.15-COMPONENTI ELETTROMECCANICHE DELLA STAZIONE UTENTE 150/30 KV	9
CAPITOLO 3- SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTI	9
ART.16-RISPONDEZZA A LEGGI E REGOLAMENTI.....	9
ART.17-NORMA PER LA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI SUL LAVORO	10
ART.18-PRESCRIZIONI RIGUARDANTI CAVI-CIRCUITI-CONDUTTORI.....	10
ART.19-SEZIONI MINIME DEL CONDUTTORE DI TERRA	12
ART.20-CAVIDOTTI-CASSETTE DI DERIVAZIONE.....	12
ART. 21-TUBAZIONI PER LE COSTRUZIONI PREFABBRICATE	14
ART. 22-POSA DI CAVI ELETTRICI ISOLATI, SOTTO GUAINA, IN TUBAZIONE	14
ART. 23-PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	14
ART. 24-IMPIANTO DI MESSA A TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	15
ART. 25-IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE.....	17
CAPITOLO 4-SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI ACCESSORIE.....	18
ART. 26- QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	18
ART. 27- PROVE DEI MATERIALI.....	23
ART. 28- STRADE E PAVIMENTAZIONI	23
ART. 29- SCAVI E MOVIMENTI TERRA	23
ART. 30- RECINZIONI.....	23
ART. 31- OPERE DI CONTENIMENTO	24

CAPITOLO 1-CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

ART.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 di produzione e relative opere di connessione denominato "San Martino" di tipo grid-connected con allaccio trifase in alta tensione a 150kV nel punto di connessione situato nella Cabina Primaria di E-Distribuzione denominata Galtelli.

ART.2-Descrizione del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrovoltaiico, per la produzione di energia elettrica da fonte solare, di tipo grid-connected con allaccio trifase in alta tensione a 150kV.

Le strutture fotovoltaiche di sostegno dei moduli sono di tipo a inseguitore solare tracker monoassiale e verranno installate all'interno delle aree di impianto.

ART.3-Categorie di lavoro

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

1. lavori di tipo impiantistico;
2. lavori civili.

I lavori di tipo impiantistico, meglio definiti nel capitolo 3 del presente disciplinare, 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 e dei sistemi di videosorveglianza dell'impianto.

I lavori civili riguardano le operazioni di sistemazione delle aree di impianto, la predisposizione e il montaggio delle strutture fotovoltaiche, la realizzazione della viabilità, dei cavidotti e della recinzione, la predisposizione del piano di posa, la posa stessa delle cabine elettriche, la pose di apparecchiature elettromeccaniche.

ART.4-Opere da appaltare

1. fornitura e posa in opera degli elementi che costituiscono la struttura di sostegno dei moduli (tracker);
2. fornitura e posa in opera dei moduli fotovoltaici;
3. fornitura e posa in opera dei cavi BT ed MT;
4. fornitura e posa in opera dei materiali necessari per connessioni e cablaggi;
5. fornitura e posa in opera delle cabine di campo (Power Station o PS);
6. fornitura e posa in opera degli inverter di stringa;
7. fornitura e posa in opera dei quadri elettrici;
8. fornitura e posa in opera dei trasformatori;
9. fornitura e posa in opera del sistema di videosorveglianza;
10. fornitura e posa in opera del sistema di illuminazione;

11. fornitura e posa in opera apparecchiature elettromeccaniche della sottostazione;
12. fornitura e posa in opera edificio sottostazione e allestimento;
13. realizzazione opere civili.
14. Test, collaudi e M.I.S.

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

CAPITOLO 2- MATERIALI E COMPONENTI

ART.5-Moduli fotovoltaici

Le caratteristiche costruttive dei moduli in silicio monocristallino bifacciale da 132 [2x(11x6)] celle e potenza 660W, ed efficienza fino a 21.2% con performance lineare garantita 30 anni. I moduli sono provvisti di cornice in alluminio anodizzato. Dimensioni: 2384x1303x35, peso 35.7kg.

ART.6-Strutture di sostegno dei moduli

La struttura di sostegno dei moduli sarà di tipo a inseguitore solare tracker monoassiale e dovrà essere conforme alle specifiche di seguito riportate in modo esemplificativo ma non esaustivo:

- Struttura con materiale in alluminio o acciaio S355;
- Materiali in accordo con EN 10025, EN 10268, EN 10149 e Eurocode EN 1993;
- Tipo di tracking system: orizzontale monoassiale con back-tracking con orientamento dell'asse della struttura in direzione N-S e tracking in direzione E-O;
- Massimo errore di tracking 2°
- Numero di moduli contenuti coincidenti con un multiplo di stringa;
- Minima altezza dal suolo a tilt massimo: 0.5m;
- Tracking control system (uno per tracker): astronomico;
- Resistenza al vento non inferiore a 10km/h prima di blocco sistema tracking;

La struttura di supporto caratterizzata da un angolo di tilt (+ e -) 60°, verrà fissata a terra tramite infissione diretta nel terreno.

ART.7-Impianto elettrico DC (Impianto fotovoltaico)

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 da esterno 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".

ART.8-Quadri DC (impianto fotovoltaico)

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 sino a 1500Vdc, valori 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.

ART.9- Quadri AC BT (impianto fotovoltaico)

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 1000V, lcc, 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 16kA, temperatura, altitudine, ecc..) e delle grandezze elettriche proprie dell'impianto quali (tensione nominale 24kV, 50Hz, corrente nominale non inferiore a 630A, 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.

ART.10-Inverter centralizzati (impianto fotovoltaico)

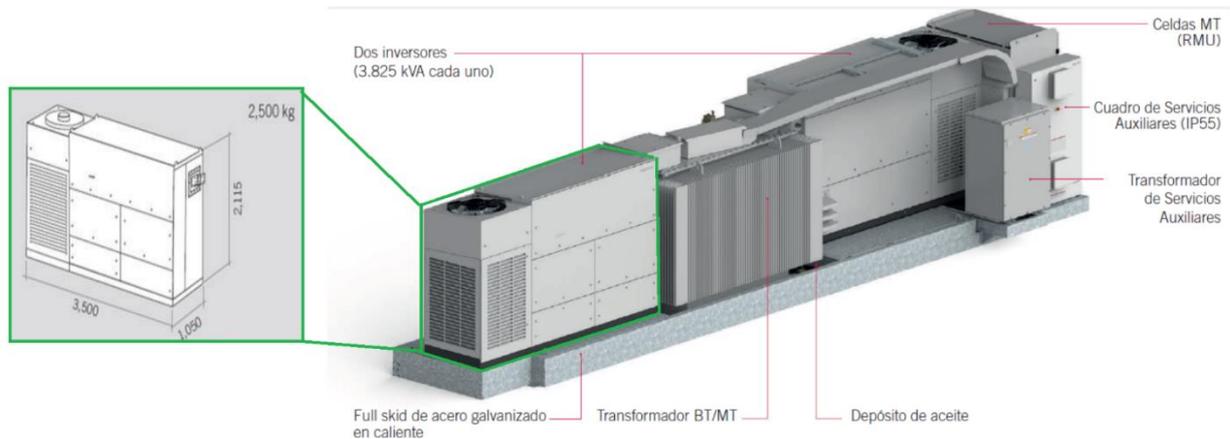
L'inverter dovrà essere idoneo alla conversione della potenza dal campo fotovoltaico da DC a AC, in conformità ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI, in particolare alla CEI 0-16. A titolo esemplificativo e non esaustivo, le caratteristiche principali dell'inverter sono:

- inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- ingresso lato DC dal generatore fotovoltaico gestibile anche con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;
- conformità marchio CE;
- conformità alla CEI 0-16;
- grado di protezione almeno IP20;
- dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
- campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;

Gli inverter centralizzati sono da interno e dovranno essere collocati nelle Power Station in particolare:

- N.5 Power station di potenza 6818 kVA
- N.2 Power station di potenza 3409 kVA

Di seguito un dettaglio delle Power Station da 6818 e 3409 kVA :



ART.11-Inverter di stringa (Impianto fotovoltaico)

L'inverter di stringa dovrà essere idoneo 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. A titolo esemplificativo e non esaustivo, le caratteristiche principali dell'inverter sono:

- inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- ingresso lato DC dal generatore fotovoltaico gestibile anche con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;
- conformità marchio CE;
- conformità alla CEI 0-16;
- grado di protezione IP66;
- dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
- campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;

Gli inverter sono da esterno e collocati tramite fissaggio meccanico alle vele fotovoltaiche.

L'inverter avrà una potenza nominale di 200 kW.

ART.12-Trasformatore di potenza

Il trasformatore di potenza sarà idoneo all'installazione da interno, ogni cabina di trasformazione avrà un trasformatore di potenza in resina.

Le tipologie di trasformatori in uso nell'impianto fotovoltaico sono:

- S=1600kVA; 30/0.615kV; Dy11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=1200kVA; 30/0.615kV; Dy11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=1800kVA; 30/0.615kV; Dy11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=1000kVA; 30/0.615kV; Dy11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=3450kVA; 30/0.615/0.615kV; Dy11y11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=6850kVA; 30/0.615/0.615kV; Dy11y11; Vcc=6%; f=50 Hz;

I trasformatori dovranno essere a marchio CE e conformi alla Direttiva Eco design 2009/125/EC, le taglie dei trasformatori soddisfano I requisiti della CEI 0-16 e le Regole di Connessione di E-Distribuzione per la taglia massima del trasformatore a 30kV.

ART.13-Cabine di trasformazione (TC)

Le dimensioni delle cabine di trasformazione saranno uguali a quelle di un container 20' HC: 6.058x2.438x2.896m (LxWxH). La cabina ospiterà, oltre al trasformatore in resina, anche un quadro di bassa tensione (verso cui convoglieranno i cavi bt provenienti dagli string inverter di campo) ed il locale mt con il quadro di ingresso e uscita e completo dei sistemi per il monitoraggio degli inverter.

Nel locale bt, inoltre, è presente un trasformatore per i servizi ausiliari.

ART.14-Cabine di campo – Power Station (impianto fotovoltaico)

Le cabine di campo, Power Station, saranno conformi alle ai requisiti normativi tecnici delle normative CEI per le cabine di media tensione a 30kV per la quale si prevede una suddivisione in tre sezioni:

- una sezione contenente i quadri MT, quadri bt e i servizi ausiliari;
- una sezione dedicata all'unità di trasformazione;
- una sezione costituita da un inverter indoor.

All'interno della cabina sono inoltre presenti:

- sistema di misura fiscale di produzione con contatore;
- SCADA;
- sistema di illuminazione di cabina, sistema antincendio, sistema allarme e antintrusione;
- quadri MT, quadri bt e sistemi di protezione e manovra;
- raddrizzatore AC/DC;
- 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.

Tutte si compongono di:

- Locale inverter contenente i quadri bt, il trasformatore dei servizi ausiliari e i servizi ausiliari;
- Locale Trasformatore contiene un trasformatore di potenza;
- Locale quadri MT contenente i quadri MT.

Inoltre 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.

ART.15-componenti elettromeccaniche della stazione utente 150/30 kV

Di seguito si sintetizzano le caratteristiche dei principali componenti elettrici della stazione elettrica in conformità alle normative locali, europee. Le condizioni di funzionamento sono riassunte come da norma IEC 61869-1.

Parameter	Standard Site Condition
Ambient air temperature (°C)	does not exceed 40°C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.
Minimum ambient air temperature (°C)	-40
Solar radiation (W/m ²)	up to a level of 1100 W/m ² (on a clear day at noon) should be considered.
Altitude (m)	does not exceed 1000 m.
SPS Class (IEC/TS 60815 series)	e (Very Heavy)
RUSCD (mm/kV)	53.7
Ice coating (mm)	10
Wind speed m/s	does not exceed 34 m/s (corresponding to 700 Pa on cylindrical surfaces).
Seismic qualification level	AF5 (IEC/TR 62271-300)

CAPITOLO 3- SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTI

ART.16-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:

1. alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).
2. alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VV.FF;

3. alle prescrizioni e indicazioni nel caso di interferenze impiantistiche con le società di servizi interessate;

Va precisato che l'impianto dovrà soddisfare il Codice di Rete.

ART.17-Norma per la prevenzione degli 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.

ART.18-Prescrizioni riguardanti cavi-circuiti-conduttori

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

1. 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 H1Z2Z2-K determinando una caduta di tensione tra i moduli di testa della stringa e lo String Box ove possibile inferiore a 1%. La posa deve essere prevista in aria esterna ancorata alle strutture di sostegno moduli tramite fascettatura e ove necessario in tubo corrugato interrato. I cavi in DC di parallelo stringhe saranno del tipo ARG16R16 0.6/1kV con sezione minima calcolata tenendo conto di una caduta di tensione ove possibile <4%. La posa deve essere prevista interrata a -80 cm senza corrugato. I cavi in AC, nell'ambito della bassa tensione, avranno tensione verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 450/750V, simbolo di designazione 07 in dipendenza dal livello di tensione di utilizzo. Si precisa che cavi distinti se posati nello stesso tubo, condotto o canale con altri cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore. I cavi bt di alimentazione tracker sono del tipo FG16R16 0.6/1kV con posa in corrugato DN450 ø50mm (o maggiore laddove necessario). I cavi in MT AC, nell'ambito della media tensione internamente all'area d'impianto, avranno tensione verso terra e tensione nominale (Uo/U) non inferiori a 18/30kV e saranno in alluminio del tipo ARE4H5E 18/30kV 3x1x70mm², 3x1x95mm², 3x1x120mm²; 3x150mm²; 3x630mm² con posa direttamente interrata a -120 cm. Il collegamento con la sottostazione sarà effettuato mediante cinque terne di cavi ARE4H5E 18/30kV, con sezione minima calcolata tenendo conto di una caduta di tensione massima ammissibile < 4% con posa interrata a -120 cm, entrambe entro tubo corrugato di tipo pesante aventi caratteristiche meccaniche DN160. Tutti i cavi in media tensione relativi alla connessione alla rete, interni ed esterni alle aree d'impianto, saranno del tipo ARE4H5E 18/30kV posati alla profondità di 1.20 m dal piano di rotolamento.

2. 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;

3. 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 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 2,2kW e inferiore o uguale a 3,6kW;
- 4-6 mm² per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW;

4. 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);

5. 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(mm ²)	Cond. protez. facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase(mm ²)	Cond. protez. non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo nel conduttore di fase(mm ²)
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
----------------	--	---

Tab. 1- Sezione minima del conduttore di protezione bt

6. 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.

7.comando tracker

cavo ethernet con protocollo di comunicazione ModBus RS485

ART.19-Sezioni minime del conduttore di terra

La sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione riportata all'art.17 del presente disciplinare, 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.

ART.20-Cavidotti-cassette di derivazione

In conformità al progetto, i cavi di stringa saranno ancorati alla struttura del tracker a mezzo di fascette mentre lì dove necessario saranno posati in tubi corrugati interrati. I cavi di alimentazione dei tracker saranno posati in tubi corrugati interrati, i cavi di segnale saranno posati in tubi corrugati interrati mentre i cavi di energia dagli string box (SB) ai quadri di parallelo (QPPI) dovranno essere idonei alla posa interrata, per quest'ultimi si prevede una posa interrata senza corrugato. Per il cavo di media tensione dell'impianto fotovoltaico, idoneo alla posa interrata, si prevede una posa interrata senza corrugato. 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:

- i 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.

Il numero dei cavi che si possono introdurre nei tubi è indicato nella tabella seguente:

Diametro e/Diametro i (mm ²)	Sezione dei cavetti (mm ²)								
	(0,5)*	(0,75)	(1)	1,5	2,5	4	6	10	16
12/8	(4)	(4)	(2)						
14/10	(7)	(4)	(3)	2					
16/11,7			(4)	4	2				

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

Tab. 2- Sezione minima del conduttore di protezione

* I valori riportati tra parentesi si riferiscono ai cavi di comando e segnalazione

ART. 21-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.

ART. 22-Posa di cavi elettrici isolati, sotto guaina, in tubazione

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 10cm, sul quale si dovranno distendere i cavi;
- i cavi bt di segnale, stringa verranno disposti in distinti tubi corrugati come stabilito dalla norma CEI 11-17, i cavi bt di energia saranno direttamente interrati con profondità di posa di almeno 70cm e il cavo MT sarà direttamente interrato con profondità di posa dell'estradosso superiore del corrugato sarà non inferiore a 60cm dotato di protezione meccanica in materiale plastico da 2.5mm;
- si dovrà apportare un riempimento con materiale vagliato di risulta;
- nella disposizione del materiale arido di cui sopra, ad una profondità di almeno 20cm dell'estradosso 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.

I collegamenti tra le varie aree d'impianto verranno fatte tramite cavidotti MT interrati con caratteristiche sopra elencate.

ART. 23-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.

ART. 24-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 MT/bt. La restante parte del sistema elettrico è esercita come sistema TN-S.

a) 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 un anello perimetrale realizzato con un conduttore di rame nudo di 70mm² a distanza di circa 3 m dalla recinzione d'impianto. Le strutture metalliche di sostegno dei moduli sono collegate tra loro a mezzo di conduttore equipotenziale in rame con guaina giallo/verde N07V-K 450/750V 1x25 mm² e ogni string box presente nell'impianto è collegato alla maglia di terra a mezzo conduttore in rame nudo da 50 mm². La profondità di posa prevista è di circa 0.5m.

Le masse saranno collegate all'impianto di terra.

Ogni cabina d'impianto sarà dotata di collettori su cui sono bullonati i conduttori di terra e i conduttori equipotenziale di cabina.

Per l'impianto le cabine di media tensione costituite da:

1. Power Station (PS 1-10)

sono circondate da un dispersore ad anello semplice, interrato alla profondità di 50 cm, realizzato in rame nudo da 70 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 1m.

Le precedenti cabine hanno la struttura in cemento con armatura elettrosaldata fissata ai contro-telai degli infissi in maniera tale da realizzare una rete equipotenziale di terra uniformemente distribuita su tutta la superficie interna del chiosco. Le porte e le griglie sono in vetroresina, ignifughe ed autoestinguenti. Ogni cabina è così dotata di un proprio impianto di terra, connesso all'impianto di terra esterno a mezzo dei collettori di cabina, in modo da garantire tensioni di contatto e di passo inferiori ai valori indicati dalla Norma CEI EN 619361 e CEI EN 50522.

Tutte le cabine hanno impianto di terra esterno collegato in almeno 2 punti all'impianto di terra fotovoltaico e pur avendo struttura in cemento sono dotate internamente di rete equipotenziale interna con collettori di terra di cabina connessi ai conduttori di terra dell'impianto di terra esterno a mezzo di conduttore in rame nudo da 70 mm².

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.

Per la progettazione dell'impianto di terra si dovranno considerare le condizioni più sfavorevoli, considerando quindi l'esercizio del neutro isolato, progettando così valori di resistenza dell'impianto di terra più restrittivi.

Nelle fasi successive di progettazione si provvederà alla determinazione delle tensioni di passo e contatto. La recinzione metallica è connessa ogni 20m ad un dispersore di terra a croce avente lunghezza 1.5 m collocato ciascuno in un proprio pozzetto dotato di chiusino carrabile, analogamente per ogni palo della videosorveglianza. La recinzione e i pali della videosorveglianza non sono connessi alla maglia di terra dell'impianto.

b) 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).

c) 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.

d) 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:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad I_f \leq 1,45 I_z$$

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 $I^2 t$ 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.

ART. 25- 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), per l'impianto in oggetto non risulta necessario dalla valutazione dei rischi;
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.

Si prevedono pertanto SPD di classe II, collegati tra ciascun polo e la terra, che sono i particolarmente utili, soprattutto se dotati di fusibile interno e di indicatore di guasto, eventualmente anche con

segnalazione remota dell'evento.

Trattandosi di proteggere dei circuiti in corrente continua, è necessario che gli SPD impiegati siano del tipo a varistore, i quali sono in grado di ripristinare il proprio comportamento originario al cessare della causa di innesco.

Gli SPD servono soprattutto a proteggere le apparecchiature elettroniche, in primo luogo rappresentate dagli inverter. Una coppia di SPD è da utilizzarsi anche sul lato in corrente alternata dei convertitori.

CAPITOLO 4-SPECIFICHE TECNICHE OPERE CIVILI ACCESSORIE

ART. 26- 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.

a) Acqua.

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.

L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto. È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003 come stabilito dall'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni emanato con D.M. 17 gennaio 2018.

A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

b) 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.

c) 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.

d) 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 per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose, e avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, e di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

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. 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 l'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).

e) 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 simili 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.

f) 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.

g) Classi di resistenza del conglomerato cementizio

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale, si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN206-1 e nella UNI 11104.

Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le classi di resistenza della tabella 16.9.

Tabella 16.9. Classi di resistenza

Classi di resistenza	Classi di resistenza
C8/10	C40/50
C12/15	C45/55
C16/20	C50/60
C20/25	C55/67
C25/30	C60/75
C28/35	C70/85
C32/40	C80/95
C35/45	C90/105

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella tabella 16.10, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Tabella 16.10. Impiego delle diverse classi di resistenza

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

h) Acciaio per calcestruzzo armato

L'eventuale utilizzo di acciaio per calcestruzzo armato deve rispettare i requisiti di cui al capitolo 11 dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni emanato con D.M. 17 gennaio 2018.

i) 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.

ART. 27- PROVE DEI MATERIALI

In correlazione a quanto è prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'appaltatore sarà obbligato 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 tenuto 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.

ART. 28- 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.

ART. 29- 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 monoassiali, sono previsti scavi in sezione ampia per la profondità riferita allo scotico.

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 riferiti agli scavi delle opere in progetto (cavidotti, sottofondazioni cabine, recinzioni, impianto di videosorveglianza) saranno in parte riutilizzati in sito; la quantità eccedente sarà conferita a centro di recupero e/o discarica.

ART. 30- RECINZIONI

La Recinzione di nuova installazione sarà del tipo rigida su pali: l'altezza da terra deve essere di 2,5 m. I seguenti elementi sono considerati parte del sistema di schermo:

- Rete di rete rigida: i fili devono essere in acciaio zincato a caldo o in acciaio con rivestimento in plastica. Lo spessore dei fili di acciaio deve essere comunque di almeno 2,5 mm. La maglia deve essere dotata di tre nervature di rinforzo;
- Pali in metallo: devono essere tubi in acciaio zincato a caldo; il diametro minimo deve essere 2 pollici (2") con uno spessore minimo di 3,25 mm. Un palo di metallo deve essere installato al massimo

ogni 3,5 metri e incorporato nella fondazione in cemento per almeno 50 cm. La distanza tra i pali deve essere conforme al manuale di installazione della rete. La rete di maglia deve essere collegata al palo mediante sistemi di fissaggio meccanico, non sono consentite saldature in sito;

- **Rinforzo:** deve essere installato in ogni punto in cui la recinzione cambia direzione (punto d'angolo) e ogni 35 metri di sezione diritta. Il supporto installato deve essere dello stesso materiale (tubo di acciaio da 2" galvanizzato). I supporti devono essere collegati ai poli verticali con giunti zincati meccanici standard. Non è consentita alcuna saldatura per il collegamento di parti diverse;
- **Filo spinato:** deve essere installato negli ultimi 500 mm dei pali in metallo. Devono essere installati almeno 3 fili;
- **Fondazioni in calcestruzzo per pali e controventi:** le dimensioni minime devono essere 300x300x700mm per il palo e 400x400x500 per i controventi. Il calcestruzzo deve essere almeno di classe C12 / 15 [secondo EN 1992]. Si rimanda agli elaborati progettuali per maggior dettaglio.

ART. 31- OPERE DI CONTENIMENTO

Le opere di sostegno e contenimento saranno in gabbioni metallici, i quali dovranno essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione in filo conforme alle UNI EN 10218.

- **Filo:** Il filo costituente la rete metallica dovrà essere sottoposto a zincatura forte (Circolare C.S.LL.PP. n. 2078/1962) oppure essere rivestito in lega ZN-AL (5%) (minimo 220 g/m²). La tipologia del filo sottoposto a zincatura forte in alcune opere speciali avrà anche un rivestimento plastico in PVC o PE.
- **Rete:** La rete costituente gli elementi dovrà avere maglie uniformi di dimensioni non superiori a 10*12 cm, dovrà essere esente da strappi e dovrà avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiore rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza.
- **Dimensioni:** Le dimensioni trasversali della scatola costituente i gabbioni (altezza e larghezza) dovranno essere pari a 0,50*1,00 m oppure a 1,00*1,00 m. Per lunghezze della scatola superiori a 1,50 m si dovranno adottare gabbioni muniti di diaframmi e più precisamente: 1 diaframma per scatole di lunghezza pari 2 m, 2 diaframmi per scatole di lunghezza pari a 3 m e 3 diaframmi per scatole di lunghezza pari a 4 m.
- **Riempimento:** Il materiale di riempimento dei gabbioni sarà costituito da pietrame di cava spaccato o da ciottolame di fiume preferibilmente di forma appiattita; in ogni caso le facce esterne dovranno essere eseguite con pietrame di cava di forma parallelepipedica e squadrata, così da risultare sistemate come un muro a secco, ben scagliato in modo da non lasciare vuoti. Il nucleo interno potrà eventualmente essere realizzato con ciottoli di fiume. Le dimensioni del pietrame e dei ciottoli non dovranno essere inferiori, in nessuna direzione, a 15 cm.
 - o Il pietrame di riempimento utilizzati per la costruzione dell'opera dovranno corrispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:
 - massa volumica: 24 kN/m³ (2400 kgf/m³);

- resistenza alla compressione: 80 Mpa (800 kgf/cm²);

- coefficiente di usura: $\leq 1,5$ mm;

- coefficiente di imbibizione: $\leq 5\%$;

- gelività: il materiale deve risultare non gelivo;

- **Modalità esecutive:** L'armatura metallica dei gabbioni dovrà essere aperta e distesa sul suolo, nel luogo di impiego ma, se possibile, fuori opera; verranno raddrizzate le pareti e le testate e verranno quindi effettuate le cuciture dei quattro spigoli verticali, con l'apposito filo, in modo da formare la scatola. Le cuciture saranno eseguite in modo continuo, passando il filo in tutte le maglie con un doppio giro ogni due maglie e prendendo, in tale operazione, i due fili di bordatura che si vengono a trovare a contatto. Predisposto fuori opera un certo numero di gabbioni o dei materassi, ognuno già cucito nella sua forma di scatola, si porrà in opera un gruppo di elementi pronti, disponendoli secondo la sagoma prevista e, prima di effettuare il riempimento, collegandoli fra loro con solide cuciture lungo gli spigoli a contatto, da eseguirsi nello stesso modo indicato per la formazione delle scatole. Man mano che si aggiungono nuovi gruppi di gabbioni, si dovrà provvedere a che questi siano strettamente collegati con quelli già in opera: quanto detto vale anche tra i vari strati dei gabbioni in elevazione. Il materiale di riempimento dovrà essere opportunamente sistemato nell'interno della scatola metallica in modo da ottenere sempre il minimo indice dei vuoti e con le indicazioni riportate nel paragrafo precedente; si dovrà in ogni caso porre la massima attenzione, durante la posa, per evitare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento. Durante il riempimento dei gabbioni si dovrà disporre nell'interno della scatola un certo numero di tiranti aventi la funzione di rendere solidali tra loro le pareti opposte dell'armatura metallica ed evitare, in caso di deformazione dell'opera o durante la fase di riempimento, un eccessivo sfiancamento delle scatole. I tiranti, orizzontali, saranno costituiti da pezzi di filo di ferro zincato, dello stesso tipo di quello usato per le cuciture, e verranno agganciati all'armatura metallica con una legatura abbracciante una maglia; i tiranti saranno messi in opera in senso trasversale alla scatola per agganciare le pareti opposte, o ad angolo fra due pareti adiacenti. Mediamente si dovranno mettere in opera da 4 a 6 tiranti per ogni m³ di gabbionata se gli elementi sono alti 1 m, da 2 a 4 tiranti per ogni m³ di gabbionata se gli elementi sono alti 0,5 m. Ultimate le operazioni di riempimento, si procederà alla chiusura del gabbione o del materasso, abbassando il coperchio ed effettuando le dovute cuciture lungo i suoi bordi. A causa di particolari condizioni locali potrà risultare necessario, per l'esecuzione del lavoro, provvedere alla messa in opera dei gabbioni o dei materassi già predisposti, riempiti e cuciti. In questi casi, l'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione dall'Ufficio di Direzione Lavori le modalità esecutive di posa che intenderà adottare, con l'indicazione dei macchinari e del numero di agganci che prevede di utilizzare. Man mano che si poseranno i gabbioni o i materassi, si dovrà procedere al collegamento con gli elementi già in opera.