

A.P.E.S. s.c.p.a.

AZIENDA PISANA EDILIZIA SOCIALE

p.zza dei Facchini n. 16 - 56126 PISA

AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2000

70260632

Via de André 16-18, Pisa, loc. Calambrone

Progetto per la dismissione della centrale termica, per la contestuale realizzazione di impianti termosanitari ed elettrici autonomi e per la modifica dell'impianto idrico centralizzato per realizzare allacci singoli

IMPIANTO ELETTRICO

CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE

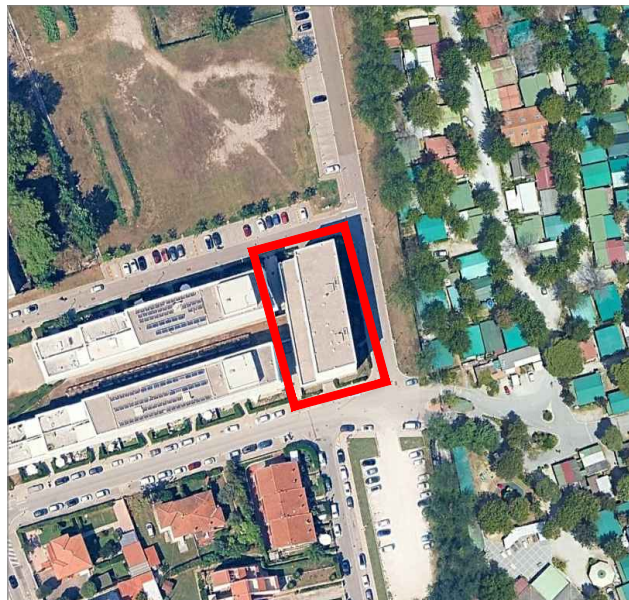
Tecnico: ing. Fedora G. Lombardi

Resp. del prog.: ing. Chiara Cristiani

Collaboratori: ing. Giuseppe Tambellini

	redatto:	data:	controllato:	annotazioni:
01	ing. Fedora G. Lombardi	Maggio 2026		
02				
03				

Timbro e firma:



IMPIANTI ELETTRICI E FOTOVOLTAICI

CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE

INDICE

1 – PRESCRIZIONI GENERALI	2
1.1 PRESCRIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE E LE FORNITURE.....	2
1.2 OSSERVANZA DELLE LEGGI E DEI DOCUMENTI CONTRATTUALI	2
1.3 SICUREZZA ED OPERE PROVVISORIALI – PREPARAZIONE DEL CANTIERE.....	2
1.4 PROTEZIONI.....	3
1.5 MATERIALI IN GENERE.....	3
2 – IMPIANTI ELETTRICI	3
2.1. PRESCRIZIONI GENERALI	3
2.2. NORME DI RIFERIMENTO	4
2.3. ESECUZIONE DELLE OPERE E AGGIORNAMENTO DEGLI SCHEMI	5
2.4. CAVI	7
2.5. TUBI PROTETTIVI E VIE CAVO.....	8
2.6. CANALIZZAZIONI IN PVC.....	9
2.7. QUADRI ELETTRICI BASSA TENSIONE	10
2.8. DISTRIBUZIONE	14
2.9. APPARECCHI DI COMANDO E PRESE ELETTRICHE	14
3 – IMPIANTO FOTOVOLTAICO	15
3.1. MODULI FOTOVOLTAICI.....	15
3.2. POSIZIONAMENTO MODULI FOTOVOLTAICI	16
3.3. CABLAGGIO ELETTRICO.....	16
3.4. IMPIANTO DI MESSA A TERRA.....	17
3.5. SISTEMA DI PROTEZIONE INTERFACCIA	17
3.6. PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI.....	19
3 – CERTIFICAZIONI.....	20

1 – PRESCRIZIONI GENERALI

1.1 PRESCRIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE E LE FORNITURE

Come regola generale, nell'esecuzione dei lavori e delle forniture l'Appaltatore dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte nonché alle prescrizioni stabilite nel Disciplinare.

Per tutte le categorie di lavori, incluse quelle per le quali non siano stabilite, nel Disciplinare o nell'Elenco dei Prezzi, delle speciali norme, l'Appaltatore dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori, previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

1.2 OSSERVANZA DELLE LEGGI E DEI DOCUMENTI CONTRATTUALI

I lavori dovranno compiersi con l'osservanza:

- a) delle leggi, decreti, regolamenti e circolari emanati e vigenti alla data di esecuzione dei lavori;
- b) delle leggi, decreti, regolamenti e circolari emanati e vigenti nella Regione, Provincia e Comune in cui si esegue l'appalto;
- c) delle norme tecniche e decreti di applicazione;
- d) delle leggi e normative sulla sicurezza, tutela dei lavoratori, prevenzione infortuni ed incendi;
- e) di tutta la normativa tecnica vigente e di quella citata dal presente disciplinare (nonché delle norme CNR, CEI, UNI ed altre specifiche europee espressamente adottate).

Resta tuttavia stabilito che la Direzione dei Lavori potrà fornire in qualsiasi momento, durante il corso dei lavori, disegni, specifiche e particolari relativi alle opere da svolgere, anche se non espressamente citati nel presente disciplinare.

Le normative hanno valore cogente e pertanto tutte le forniture, prestazioni, lavori e opere compiute devono uniformarsi. Ove si presentassero contrasti tra le prescrizioni delle presenti Specifiche Tecniche e le normative citate, si sceglierà la casistica più restrittiva e più vantaggiosa per il Committente. Il Fornitore deve uniformarsi a ogni disposizione legislativa (legge, decreto, circolare, ecc.), e alle pertinenti norme UNI, UNI EN e ISO vigenti al momento dell'esecuzione delle opere, anche se entrate in vigore dopo la consegna dei lavori, o comunque non espressamente citate nelle presenti Specifiche Tecniche. I materiali impiegati devono essere conformi alle prescrizioni contenute nella Direttiva sui Prodotti da Costruzione 89/106/CE e tutti i prodotti per i quali è in vigore al momento della posa in opera l'obbligo di marcatura devono presentare il marchio CE.

1.3 SICUREZZA ED OPERE PROVVISORIALI – PREPARAZIONE DEL CANTIERE

Sono comprese nell'appalto tutte le spese, gli oneri, gli accorgimenti, i provvedimenti, le opere provvisorie (con specifico riferimento a tutto ciò che compone sia l'incantieramento che i ponti di lavoro ed i ponteggi in genere), le disposizioni, le attrezzature, e quant'altro necessario per garantire l'esecuzione delle opere nel rispetto delle normative di sicurezza; così come previsto dal Piano di Sicurezza e Coordinamento dell'intervento, ma anche, dovesse ritenerlo necessario, secondo la propria migliore diligenza e responsabilità dell'esecutore delle opere, delle proprie maestranze, e di tutti i soggetti da esso ammessi al cantiere, fatto salvo il concorde parere del Coordinatore della Sicurezza il quale potrà disporre ogni adempimento da esso ritenuto necessario.

Come previsto dalla vigente normativa l'appaltatore dovrà osservare tutte le disposizioni inerenti il lavoro e la sicurezza del medesimo, ne consegue che nessuna lavorazione, ivi compreso l'incantieramento, potrà avere inizio fino a quando l'appaltatore non avrà consegnato al Coordinatore della Sicurezza tutte le documentazioni previste dal Piano di Sicurezza, fossero anche

già stati redatti e sottoscritti il contratto di appalto ed il verbale di consegna dei lavori, e ciò senza alcuna possibilità di procrastinazione del termine per l'ultimazione.

1.4 PROTEZIONI

Per evitare ogni e qualsiasi danno alle opere e alle finiture presenti, prima dell'inizio dei lavori potranno essere prescritti dalla Direzione Lavori idonei rivestimenti protettivi o pannellature provvisorie atte a delimitare le zone d'intervento e ad impedirne l'accesso al personale di cantiere non autorizzato.

1.5 MATERIALI IN GENERE

I materiali da impiegare per le forniture ed i lavori compresi nell'Appalto corrisponderanno, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia ed alle specifiche riportate nel presente Disciplinare.

In mancanza di particolari prescrizioni essi dovranno appartenere alle migliori qualità esistenti in commercio. I materiali potranno provenire da quelle località, stabilimenti o fabbriche da cui l'Appaltatore riterrà opportuno purché rispondenti ai requisiti prescritti.

In ogni caso, prima della loro posa in opera, tutti i materiali dovranno essere sottoposti ad esplicita accettazione da parte della Direzione Lavori, la comunicazione di richiesta accettazione dovrà pervenire almeno 7 giorni prima dell'impiego.

Nonostante l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi. Egli è altresì sempre responsabile per quanto riguarda la costanza delle caratteristiche accettate di tutto il materiale impiegato nel corso dei lavori.

Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista, ritenendola non adatta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche prescritte. I materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore. Tutti i materiali indistintamente potranno essere sottoposti a prove fisiche, chimiche, di resistenza meccanica, durabilità e di qualità su richiesta della Direzione Lavori ed a spese dell'Appaltatore.

2 – IMPIANTI ELETTRICI

2.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Gli impianti in oggetto devono essere realizzati a regola d'arte in conformità con quanto previsto dalle vigenti leggi in materia, in versione aggiornata al momento della redazione del presente documento, con particolare riferimento alle seguenti:

- D.M. 22 Gennaio 2008, n° 37;
- legge 1 marzo 1968 n° 186;
- artt. 8, 14 e 16 legge 5 marzo 1990 n° 46;
- legge 21 giugno 1986 n° 317;
- D. Lgs. 9 aprile 2008 n. 81;
- D. Lgs. 12 novembre 1996 n° 615;
- D.M. 24 novembre 2025 (CAM);
- Eventuali regolamenti regionali o comunali.

Tutte le apparecchiature e le condutture dovranno essere realizzate in modo da risultare rispondenti al requisito di "esecuzione a regola d'arte" previsto dalla legge n° 186/68 e dal D.M. 37/08.

Condizione sufficiente affinché siano garantiti i requisiti di legge è l'esecuzione conforme a quanto indicato dalle vigenti normative UNI e CEI applicabili.

L'impianto in oggetto dovrà essere realizzato in modo conforme alle specifiche di progetto e contemporaneamente alle Norme elencate al capitolo "norme di riferimento".

In caso di difformità tra le specifiche di progetto e le vigenti norme è fatto obbligo di avvisare la Direzione Lavori e comunque di seguire le norme tecniche (fatto salva diversa disposizione scritta da parte della stessa Direzione Lavori).

2.2. NORME DI RIFERIMENTO

Ai fini della corretta interpretazione delle disposizioni delle presenti specifiche tecniche si elencano di seguito le principali norme e guide che riguardano l'impianto in oggetto.

- CEI 64-8 V4 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Parti da 1 a 8;
- CEI 64-12 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra";
- CEI 64-16 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua. Protezione contro le interferenze elettromagnetiche;
- CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- CEI 70-3 Gradi di protezione degli involucri per apparecchiature elettriche contro impatti meccanici esterni (Codice IK);
- CPR (UE) 305/2011 "Regolamento Prodotti da Costruzione applicato ai Cavi Elettrici";
- CEI 16-3 (EN 60073) "Colori distintivi di lampade di segnalazioni e pulsanti";
- CEI 17-5 "Interruttori automatici";
- CEI 17-13 (EN 61439-1) "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)";
- CEI 17-41 (EN 61095) e var. "Contattori elettromeccanici per uso domestico e similare";
- CEI 17-43 "Calcolo delle sovratemperature all'interno dei quadri elettrici";
- CEI 20-13 "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1kV a 30 kV";
- CEI 20-14 "Cavi isolati in PVC di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3";
- CEI 20-19 "Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V";
- CEI 20-20 "Cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750V";
- CEI 20-22 (EN 50266) "Prova dei cavi non propaganti l'incendio";
- CEI 20-39 (EN 60702-1) "Cavi per energia ad isolamento minerale";
- CEI 20-40 "Guida per i cavi a bassa tensione";
- CEI 20-45 "Cavi resistenti al fuoco";
- CEI 20-107 (EN 50525-1) "Cavi elettrici - Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) Parte 1: Prescrizioni generali";
- CEI 23-3 (EN 60898) "Interruttori automatici per usi domestici e similari";
- CEI 23-9 (EN 60669-1) "Apparecchi di comando non automatici per installazione fissa per uso domestico e similare";
- CEI 23-12 (EN 60309) e var. "Prese e spine per uso industriale";
- CEI 23-19 e var. "Canale portacavi in materiale plastico e loro accessori ad uso battiscopa";
- CEI 23-31 "Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e portapparecchi";
- CEI 23-32 e var. "Sistemi di canali di materiale plastico isolante e loro accessori ad uso portacavi e portapparecchi";
- CEI 23-39 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali";
- CEI 23-42 (EN 61008-1) "Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similare";
- CEI 23-44 (EN 61009-1) "Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similare";

- CEI 23-46 (EN 50086-2-4) "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati"
- CEI 23-48 "Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari - parte 1";
- CEI 23-49 "Involucri per apparecchi per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari - parte 2";
- CEI 23-50 e var. "Prese a spina per usi domestici e similari";
- CEI 23-51 "Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazione fisse per uso domestico e similare";
- CEI 23-54 (EN 50086-2-1) "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori";
- CEI 23-55 (EN 50086-2-2) "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori";
- CEI 23-56 (EN 50086-2-3) "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori";
- CEI 23-58 "Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali";
- CEI 23-73 "Colonne e torrette a pavimento per installazioni elettriche";
- CEI 23-80 (EN 61386-1) "Sistemi di tubazioni - prescrizioni generali";
- CEI 23-81 (EN 61386-21) "Sistemi di tubazioni – tubi rigidi";
- CEI 23-82 (EN 61386-22) "Sistemi di tubazioni – tubi pieghevoli";
- CEI 23-83 (EN 61386-23) "Sistemi di tubazioni – tubi flessibili";
- CEI 34-21 "Apparecchi di illuminazione, prescrizioni generali e prove" ;
- CEI 34-22 "Apparecchi di illuminazione, prescrizioni particolari e apparecchi di emergenza";
- CEI 37-6 (EN 61643-21) "Apparecchi di protezione da sovratensione per apparecchiature elettroniche";
- CEI UNEL tabelle 357752, 35375, 35382, 35024-2 sulla portata e la caduta di tensione dei cavi isolati in PVC e gomma;
- EN 60695-2-11 "Prova autoestinguenza degli involucri";
- EN 61140 "Prova di isolamento degli involucri";
- EN 61386-1 "Codici di classificazione per sistemi di tubi e accessori".

2.3. ESECUZIONE DELLE OPERE E AGGIORNAMENTO DEGLI SCHEMI

L'appaltatore è tenuto all'esecuzione delle opere secondo le specifiche del presente documento e secondo le indicazioni riportate nella documentazione di progetto. In caso di modifica ritenuta opportuna per la migliore esecuzione delle opere, previo accordo con la Direzione Lavori e la Committenza, l'appaltatore è tenuto ad aggiornare la documentazione senza ulteriore richiesta di compenso. Dovranno inoltre essere prodotti i seguenti elaborati da consegnare alla committenza al momento della consegna dell'impianto:

- documentazione tecnica delle apparecchiature installate;
- dichiarazione di conformità secondo il D.M. 37/08.

Nessuna variazione nell'esecuzione delle opere previste potrà essere apportata dall'appaltatore, senza avere ricevuto la preventiva approvazione ed autorizzazione scritta da parte della Direzione Lavori e della Committenza.

Ogni contravvenzione alla predetta disposizione sarà a completo rischio e pericolo dell'appaltatore che sarà tenuto a rimuovere e sostituire le opere eseguite, anche già poste in opera, qualora la Committenza, a suo giudizio insindacabile, non ritenesse opportuno di accettarle. In caso di

accettazione l'Impresa installatrice, senza alcun aumento dei prezzi contrattuali, sarà obbligata all'esecuzione delle eventuali opere accessorie e complementari che potranno esserle richieste perché le opere eseguite corrispondano alle prescrizioni contrattuali.

Tutti i lavori dovranno essere coordinati con l'esecuzione delle eventuali altre opere e la tempistica di cantiere dovrà essere sottoposta alla Direzione Lavori. **Nel corso dei lavori, in accordo con le esigenze del cantiere e del Committente, potranno essere richieste opere provvisorie per il mantenimento in esercizio di impianti esistenti o per consentire il funzionamento provvisorio di impianti oggetto del presente appalto.**

L'eventuale ritardo di opere preliminari non fornisce diritto ad alcun compenso per l'appaltatore che deve considerare questo evento come rischio calcolato ed accettato.

Nell'esecuzione delle opere dovrà osservarsi, oltre coerenza per quanto concerne la forma, le dimensioni e le prestazioni, la massima cura nella installazione, dovendo ogni componente essere regolarmente ed uniformemente rifinito in ogni sua parte.

L'appaltatore dovrà impegnarsi ad eseguire preventivamente a mezzo di personale qualificato i necessari sopralluoghi sul sito ove si dovranno svolgere i lavori in appalto, così da verificare, con piena e completa assunzione di responsabilità, tutti gli oneri e tutte le situazioni che si possono presentare.

Per realizzare impianti "a regola d'arte" è necessario che tutti i componenti utilizzati siano costruiti a regola d'arte. Perciò tutti i materiali e le apparecchiature installati dovranno essere conformi alle corrispondenti normative di prodotto.

Tutte le parti dovranno essere conformi alla documentazione di progetto e dovranno essere realizzate con le migliori tecniche utilizzando componenti scelti tra le migliori marche esistenti in commercio, atti a garantire le prestazioni descritte nel presente documento.

I manufatti lavorati o semi-lavorati dovranno essere protetti sia durante il trasporto, sia nel periodo di immagazzinamento, sia a posa avvenuta fino alla consegna dell'opera finita.

Dovranno in tal senso essere adottati opportuni provvedimenti per garantire una adeguata protezione contro tutti gli agenti atmosferici prevedibili nonché contro le prevedibili sollecitazioni dannose derivanti dalle opere di cantiere (spruzzi di malta, urti meccanici, polveri, vernici, etc.).

Tutti gli apparecchi dovranno essere installati in modo da risultare accessibili in relazione alle necessità di verifica, collaudo e manutenzione dell'impianto ovvero ubicati nella struttura servita nei punti funzionalmente validi, sia per soddisfare le esigenze di immediata visibilità delle segnalazioni che per facilitare le manovre da parte degli utilizzatori e del personale di servizio.

Oltre a quanto già sopra precisato, si intendono a carico dell'appaltatore gli oneri aggiuntivi derivanti dalle opere di assistenza muraria.

L'installatore dovrà fornire tutte le indicazioni necessarie per le opere di assistenza muraria occorrenti per realizzare gli impianti in oggetto secondo modalità perfettamente rispondenti ai requisiti di esecuzione a regola d'arte, e ciò qualunque sia lo stato di avanzamento di costruzione e il grado di finitura dell'edificio all'atto dell'installazione dell'impianto o delle singole parti di esso.

Per opere di assistenza muraria si intendono:

- l'esecuzione di tutte le forature e le tracce necessarie per la posa delle condutture di qualsiasi tipo, forma e dimensione, da eseguirsi, in conformità a quanto indicato nei piani di installazione, sulle partizioni interne verticali od orizzontali e/o sui tamponamenti esterni e successivi ripristini e riprese;
- l'esecuzione di pozzetti, nicchie, etc. per la sistemazione e l'ispezionabilità dell'impianto;
- l'esecuzione degli scavi per la realizzazione delle opere ubicate nel o sul terreno;
- l'esecuzione di eventuali basamenti e sostegni delle apparecchiature;
- il fissaggio di staffe e sostegni per le condutture e le apparecchiature.

L'esecuzione dei lavori dovrà uniformarsi alle istruzioni e alle prescrizioni della Direzione Lavori. Sarà a carico dell'appaltatore la nomina di un responsabile tecnico di provata esperienza e capacità tecnica, cui affidare la supervisione e il controllo dei lavori nel rigoroso rispetto degli accordi contrattuali e delle prescrizioni di Legge.

Il responsabile tecnico deve rendersi pienamente disponibile al colloquio con la Direzione Lavori e deve farsi garante dell'esecuzione delle disposizioni impartite dalla Direzione Lavori stessa.

La sorveglianza della Direzione Lavori sull'operato dell'appaltatore non esonera lo stesso dalla piena responsabilità circa la corretta esecuzione delle opere, nonché la scrupolosa osservanza delle vigenti norme riguardanti l'esecuzione a regola d'arte di ogni parte dell'impianto. Tale responsabilità sussiste in ogni caso, anche se eventuali deficienze o imperfezioni passassero inosservate al momento dell'esecuzione.

La Direzione Lavori avrà quindi facoltà di indagine e di eventuale richiesta di adeguamento dell'impianto in qualsiasi momento, anche successivamente all'esecuzione ed al collaudo delle opere.

L'appaltatore si impegna a partecipare, nella persona del responsabile tecnico da lui nominato, alle riunioni periodiche di cantiere che la Direzione Lavori e la Committenza terranno con lo scopo di armonizzare i lavori delle eventuali ditte presenti e di verificare l'andamento delle opere.

L'appaltatore ha facoltà di esporre riserva scritta ad eventuali disposizioni della Direzione Lavori ma dovrà comunque adoperarsi per garantire il rispetto dei tempi di consegna e della qualità delle opere. L'appaltatore non potrà dare inizio ad alcun lavoro, senza l'approvazione da parte della Direzione Lavori degli eventuali disegni costruttivi difformi, complementari o correttivi rispetto a quelli di progetto.

I tempi di consegna sono quelli stabiliti nel contratto.

2.4. CAVI

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U₀/U) non inferiori a 450/750V. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore. Qualora nella fase di infilaggio non fosse possibile escludere il rischio di danneggiamento all'isolante saranno da utilizzare cavi muniti di guaina antiabrasiva.

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00712, 00722, 00724, 00725, 00726 e 00727. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone.

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 a vuoto) 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 35023 e 35024. 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 e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kW;
- 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 kW;

- 6 mm² per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3 kW.

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, con il minimo tuttavia di 16 mm² (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni dell'art. 3.1.0.7 delle norme CEI 64-8.

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:

Tabella 1- Sezione minima del conduttore di protezione PE (mm²)	
Sezione dei conduttori di fase dell'impianto S (mm²)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione PE Sp (mm²)
S = 16	Sp = S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	Sp = S/2

Tutti i cavi impiegati dovranno essere del tipo a ridotta emissione di gas tossici e nocivi (cavi senza alogeni secondo le CEI 20-37, CEI 20-38). A seconda delle esigenze di resistenza al fuoco si potranno utilizzare le seguenti tipologie di cavi:

- non propaganti l'incendio (CEI 20-22/2, CEI 20-22/3);
- resistenti al fuoco (CEI 20-36).

Tutti i cavi dovranno essere conformi alla Tabella CEI UNEL 35016 "Classi di Reazione al fuoco dei cavi elettrici in relazione al Regolamento UE prodotti da costruzione (CPR 305/2011)".

2.5. TUBI PROTETTIVI E VIE CAVO

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc. Negli impianti in edifici civili e similari si devono rispettare le seguenti prescrizioni: nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie pesante per i percorsi sotto intonaco, in acciaio smaltato a bordi saldati oppure in materiale termoplastico serie pesante per gli attraversamenti a pavimento; il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti. Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; 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. Comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 25 mm; 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; ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale e secondaria e in ogni locale servito, 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 devono essere costruite in modo che nelle condizioni di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei, deve 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 dimensionamento delle condutture del sistema di distribuzione deve essere eseguito nel rispetto delle norme CEI 64-8, relativamente alla protezione dalle correnti di sovraccarico e cortocircuito ed alla protezione contro i contatti indiretti. Le portate dei cavi elettrici sono state desunte dalle tabelle CEI-UNEL.

Gli interruttori posti a protezione delle linee in uscita saranno del tipo automatico magnetotermico con portata, taratura e potere d'interruzione adeguati ai parametri elettrici del punto di installazione e delle utenze da alimentare (come meglio specificato nello schema unifilare).

La protezione dai contatti diretti sarà assicurata dall'isolamento dei componenti che a tal fine verranno scelti solo se riportanti il marchio di qualità IMQ, cosa che ne assicura la corrispondenza dell'isolamento alle relative norme.

La protezione dai contatti indiretti sarà effettuata in accordo all'art. 413.1.3 delle norme CEI 64-8. Le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti saranno tali che l'interruzione automatica dell'alimentazione avverrà nei tempi previsti dalla norma, 0.4 s per i circuiti terminali e 5 s per i circuiti di distribuzione in modo da soddisfare la seguente relazione:

$$I_a \cdot Z_s \leq U_0$$

Dove:

I_a è il valore in ampere della corrente di intervento, entro i tempi sopra indicati, del dispositivo di protezione; poiché verranno impiegati interruttori magnetotermici differenziali la I_a coinciderà con la I_{dn} ;

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto;

U_0 è la tensione nominale in c.a. valore efficace tra fase e terra.

Il conduttore di protezione sarà in rame e di sezione opportuna secondo quanto previsto dall'art. 543.1.2 della norma CEI 64-8/5.

Al conduttore di protezione saranno collegate tutte le masse metalliche degli apparecchi utilizzatori; tutte le masse estranee saranno invece collegate al nodo di terra tramite conduttore equipotenziale di sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione più elevata dell'impianto e comunque non inferiore a 6 mm² e non maggiore a 25 mm², art. 547.1.1 norma CEI 64-8/5. Per i conduttori equipotenziali supplementari si seguirà quanto prescritto dalla suddetta norma all'art. 547.1.2.

2.6. CANALIZZAZIONI IN PVC

Le canale in materiale isolante dovranno essere conformi alla norma CEI 23-32 e varianti se a parete o soffitto e alla norma CEI 23-19 se a battiscopa.

Dovranno comunque soddisfare le seguenti specifiche: grado di protezione IP40 a canale installata, coperchio smontabile solo con attrezzo, resistenza all'urto 6J e avere superato la prova del filo incandescente a 650°C definita dalla norma CEI 50-11. Le canale saranno fornite di accessori per fissaggio.

Il fissaggio è ammesso solo a vite (entro tasselli per l'ancoraggio a muro), mediante staffe di acciaio zincato tali da garantire una adeguata resistenza meccanica, o direttamente alle pareti/soffitto. L'interdistanza di fissaggio dovrà essere di circa 0,6 m nei tratti rettilinei e 0,3 m prima e dopo le curvature. Il coefficiente di riempimento ammesso è del 50%.

2.7. QUADRI ELETTRICI BASSA TENSIONE

Si precisa che le dimensioni degli involucri, sia metallici sia in materiale isolante, riportate nei disegni del progetto dell'impianto risolvono solo problemi dimensionali (non termici) e sono da intendersi quindi solo come dimensioni minime. L'esatta dimensione dei quadri deve essere definita dal costruttore che ne deve garantire la piena conformità.

La norma CEI 23-51 è applicabile ai quadri per uso domestico e similare che soddisfano le seguenti caratteristiche:

- adatti per essere utilizzati a temperatura ambiente normalmente non superiore a 25°C occasionalmente a 35°C;
- destinati all'uso in corrente alternata con tensione nominale non superiore a 440V;
- con corrente in entrata non superiore a 125A;
- con corrente presunta di cortocircuito nel punto di installazione non superiore a 10KA o protetti da dispositivi limitatori di corrente aventi corrente limitata non eccedente 15kA.

Per detti quadri è sufficiente eseguire le seguenti prove:

- Verifica della costruzione;
- Verifica del corretto cablaggio e del funzionamento meccanico e, se necessario, elettrico;
- Efficienza del circuito di protezione;
- Prova della resistenza di isolamento (la resistenza tra i conduttori attivi e verso massa, misurata a 500V, deve essere almeno 1000 Ohm/V);
- Verifica dei limiti di sovratemperatura con la metodologia proposta dalla norma stessa.

Per i quadri alimentati in monofase ed aventi una corrente nominale fino a 32A si devono eseguire solo le prime due prove di quelle descritte.

Sul quadro deve essere posta una targa indelebile che riporti: nome e marchio del costruttore, tipo di quadro, corrente nominale, natura della corrente e frequenza, tensione nominale di funzionamento, grado di protezione (CEI 70-1) se superiore a IP2XC.

Per i quadri non rientranti nella categoria sopra citata si applica la norma CEI 17-13/1, la quale classifica i quadri di tipo AS e ANS. I quadri appartenenti alla prima categoria devono avere superato le prove di tipo di seguito elencate:

- Verifica sovratemperatura;
- Verifica della tensione applicata;
- Verifica di tenuta al corto circuito;
- Verifica del circuito di protezione;
- Verifica delle distanze superficiali in aria;
- Verifica funzionamento meccanico;
- Verifica grado di protezione dell'involucro.

Per i quadri ANS si possono sostituire le prove suddette con calcoli teorici, o con prove eseguite su sistemi similari, seguendo metodologie ammesse dalle normative vigenti.

In ogni caso il costruttore dovrà fornire:

- Per i quadri AS: le certificazioni sulle prove di tipo eseguite indicando chiaramente la configurazione del quadro di prova.
- Per i quadri ANS: I calcoli teorici, le certificazioni sulle prove di tipo eseguite su quadri simili giustificando la validità dei risultati per il quadro in oggetto.

Sul quadro, indipendentemente che sia del tipo AS o ANS, dovrà essere applicata una targa indelebile che indichi il nome del costruttore e quanto altro necessario per la identificazione dello stesso, mentre dovranno essere fornite sulla documentazione allegata le seguenti informazioni:

Norme di riferimento, natura della corrente e frequenza di impiego, tensione di funzionamento nominale, tensione di isolamento, limiti di funzionalità, corrente nominale di ciascuno circuito, tenuta al corto circuito, grado di protezione, protezione per le persone, condizioni di installazione, messa a terra, dimensioni (solo per AS), massa (solo per ANS).

Le caratteristiche sopradette dovranno essere in accordo con le specifiche di progetto, al più potranno essere ridondanti. I quadri dovranno essere adatti all'installazione in ambienti per condizioni standard definite dalla norma CEI 17-13/1 ammesso che non si richieda condizione di installazione più gravose.

2.7.1. PRESCRIZIONI SUL DIMENSIONAMENTO

Salvo diverse prescrizioni, i quadri in metallo del tipo ANS o AS, avranno una struttura in metallo elettrozincata di spessore di 15/10mm. I quadri per piccola distribuzione avranno una struttura in metallo elettrozincata di spessore di 10/10mm o in materiale isolante con resistenza meccanica 6J, prova del filo incandescente a 650°C, involucro con contrassegno di isolamento totale.

Il dimensionamento delle sbarre e dei conduttori isolati è lasciato dalle attuali normative al costruttore del quadro. I conduttori isolati saranno del tipo FS17 o FG16(0)R16 dove sono presenti interruttori in aria. Detti conduttori saranno dimensionati in modo da sopportare la corrente di corto circuito:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

K coefficiente dipendente dal tipo di cavo;

S sezione del conduttore;

t durata in secondi del tempo per raggiungere la temperatura massima ammissibile nei conduttori in caso di cortocircuito;

I corrente di cortocircuito ammissibile presunta (in Ampere), espressa in valore efficace.

Inoltre i sostegni, gli isolatori e le sbarre dovranno essere dimensionati in modo da non subire deformazioni permanenti durante il cortocircuito. In altri termini l'evento non dovrà avere risultato distruttivo sia dal punto di vista elettrico che meccanico.

2.7.2. SPECIFICHE DI INSTALLAZIONE

È indispensabile che non vi siano incongruenze fra le specifiche di progetto, quelle dichiarate dal costruttore e le condizioni effettive di installazione. Il produttore del quadro deve essere in grado di fornire alla Direzione Lavori chiarimenti sulla documentazione presentata e specifiche aggiuntive se richieste.

Su ogni singolo quadro si dovrà procedere all'esecuzione delle prove individuali che potranno essere effettuate ad installazione avvenuta o in officina previa verifica visiva dopo l'installazione. Dette prove sono le seguenti:

- Controllo visivo del cablaggio e controllo funzionale;

- Controllo visivo dei mezzi di protezione contro i contatti indiretti e dell'integrità del conduttore di protezione;
- Isolamento:
 - per i quadri AS è necessario applicare la tensione di prova graduale fra il telaio e le parti attive per 1 minuto;
 - per i quadri ANS si deve eseguire la prova di isolamento fra i conduttori attivi il telaio con tensione di prova di almeno 500V (risultato positivo se la resistenza misurata è maggiore di 1000 Ohm/V);
 - per i quadri ASD non è richiesta.

2.7.3. CABLAGGIO E COLLEGAMENTO A TERRA

I quadri dovranno essere cablati in modo che su ogni morsetto non si attestino più di un conduttore. Ogni conduttore sarà corredato di capocorda del tipo preisolato a compressione. Si dovrà provvedere ad una disposizione di componenti e conduttori da facilitare i moti convettivi naturali dell'aria in modo da non creare dei punti interni al quadro a temperatura critica.

I conduttori in ingresso e in uscita dal quadro dovranno essere identificati da targhette indicanti la sigla del circuito riportato negli schemi di progetto. È richiesta anche la siglatura di tutti i conduttori interni in prossimità dei capocorda (CEI 16-2).

I conduttori interni, di sezione minima 1,5mmq, devono essere identificati da targhette riportante una sigla che la ditta costruttrice dovrà riportare nei disegni as-built del quadro. Le morsettiere di ingresso e uscita dovranno avere dimensione tali da creare dei punti di connessione a impedenza trascurabile.

La sbarra di terra dovrà essere imbullonata all'intelaiatura e dovrà essere dimensionata per il corto circuito nominale assumendo una densità massima di corrente di 100A/mmq. La sezione minima di detta sbarra dovrà essere comunque di 50mmq.

Il costruttore del quadro dovrà fornire i morsetti per il collegamento a terra della carpenteria se metallica. È raccomandato al costruttore di realizzare connessioni meccaniche tali da garantire la continuità elettrica senza bisogno di "cavallotti". Comunque, se necessari questi dovranno essere realizzati con conduttore di sezione minima di 6mmq.

2.7.4. QUADRI PER CORRENTE DI IMPIEGO INFERIORE A 250A

I conduttori flessibili isolati dovranno essere posati in canalette in PVC autoestinguenti del tipo chiuso a lamelle pretranciate e munite di coperchio (coefficiente di riempimento indicativo 50%). I conduttori in uscita si dovranno attestare su una apposita morsettiera. Per piccoli quadri modulari (indicativamente: corrente di impiego <50A, capienza inferiore a 40 moduli) è ammesso che i conduttori anziché posati in canaletta siano raccolti mediante fascette purché nessun conduttore risulti completamente avvolto dagli altri.

2.7.5. QUADRI AS O ANS PER CORRENTE DI IMPIEGO SUPERIORE A 250A

I conduttori flessibili isolati dovranno essere segregati o fissati in modo da rendere impossibile il contatto con sbarre ed altre parti non isolate. Il quadro sarà preferenzialmente fornito di griglie o aperture per la ventilazione naturale. Per correnti di impiego notevoli se necessario dovranno essere predisposti dei sistemi di ventilazione forzata.

2.7.6. FRONTE QUADRI

Sul fronte quadro dovranno essere applicate delle targhette con scritte indelebili che indicano in modo chiaro e non ambiguo la funzione di ogni interruttore. La portella frontale trasparente, dove prevista, dovrà essere in vetro infrangibile o in policarbonato autoestinguente e apribile comunque solo con chiave o attrezzo.

2.7.7. APPARECCHIATURE

Le apparecchiature installate dovranno avere delle condizioni ambientali di funzionamento (dichiarate dal costruttore di queste) compatibili con quelle interne del quadro risultate dalle prove di tipo o dai calcoli teorici. Inoltre si dovrà tenere conto del declassamento degli interruttori per effetto della temperatura.

Il senso di manovra degli interruttori dovrà rispettare le prescrizioni della norma CEI 16-5.

Nessun componente visibile sul fronte quadro dovrà trovarsi ad altezza superiore di 2m dal piano di calpestio ed i terminali delle apparecchiature non devono avere altezza inferiore a 0,2m dallo stesso piano.

2.7.8. PULSANTI E SPIE LUMINOSE

Il fronte quadro dovrà presentare tutte le segnalazioni luminose e i pulsanti di comando richiesti nelle specifiche di progetto. I colori distintivi di spie e pulsanti dovranno essere in accordo con la norma CEI 16-3 e con le prescrizioni aggiuntive richieste.

2.7.9. INTERRUITORI MODULARI

Dovranno essere conformi alle norme CEI 23-3, CEI 23-42, CEI 23-44 e IEC 1009, montati su profilato EN50022 correttamente fissato al telaio del quadro. Gli interruttori magnetotermici dovranno avere una curva caratteristica di intervento B, C o D. Non sono ammesse curve caratteristiche non riconosciute dal CEI (esempio caratteristica K norme VDE). Gli interruttori differenziali saranno in classe AC se non diversamente specificato, in classe A, B e/o selettivi se esplicitamente richiesto.

Detti interruttori dovranno inoltre avere la possibilità di essere corredati dei dispositivi ausiliari richiesti. Le indicazioni sugli interruttori riportate negli schemi di progetto sono tassative e non ammettono deroghe di nessun tipo.

2.7.10. INTERRUITORI DEL TIPO SCATOLATO O DEL TIPO APERTO

Sono ammessi:

- Interruttori in scatola isolante conforme alle norme CEI 17-5, IEC 947-2 e IEC 947-3 in esecuzione fissa, estraibile o sezionabile, come richiesto dalle specifiche di progetto, grado di protezione IP20 da installato;
- Interruttori aperti sempre conforme alle norme già citate e con equivalente grado di protezione.

Gli sganciatori magnetotermici dovranno avere una regolazione termica e magnetica separata, con range di regolabilità per entrambe indicativamente del 50%; dovranno essere ritardabili solo se richiesto, con regolazione preferibilmente continua fra 50 e 1000ms. I moduli differenziali, siano inseriti in unico contenitore assieme modulo magnetotermico che separati, dovranno avere la possibilità di regolazione della corrente e del tempo di intervento. Detti interruttori dovranno avere la possibilità di essere corredati con gli accessori di seguito: interblocco tra due interruttori, comando frontale rotativo con blocco porta, blocco a lucchetto in posizione aperto e chiuso, blocco a chiave in posizione aperto.

2.7.11. COMANDI DI EMERGENZA A DISTANZA

I pulsanti di sgancio di emergenza che agiscano su interruttori sul quadro, devono essere contenuti in scatola isolante rossa, azionabile con la rottura del vetro di protezione; inoltre devono essere a "sicurezza positiva" o avere una segnalazione luminosa di efficienza (comando a lancio di corrente).

2.7.12. APPARECCHI DI PROTEZIONE DA SOVRATENSIONE

Gli apparecchi di protezione da sovratensione dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- per la protezione di impianti elettrici con tensione nominale fino a 1kV dovranno essere del tipo 1, 2 o 3 come specificato in progetto e conformi alla norma CEI 37-8;
- per la protezione dalle sovratensioni di apparecchi informatici o comunque di apparecchi per segnali dovranno essere conformi alla norma CEI 37-6.

2.8. DISTRIBUZIONE

2.8.1. TUBAZIONI

È ammessa, compatibilmente con le prescrizioni di progetto, l'installazione di tubazioni dei tipi di sotto elencati. Per la posa incassata in pareti o solai:

- Tubazione corrugata flessibile in materiale isolante autoestinguente, conforme alla norma CEI 23-56, del tipo pesante.

Per la posa a vista:

- Tubazione rigida in materiale isolante autoestinguente, conforme alla norma CEI 23-55, del tipo pesante;
- Tubazione in acciaio zincato avente caratteristiche costruttive rispondenti alla norma CEI 23-54. Dette tubazioni devono essere corredate di adeguati accessori, previsti dal costruttore, per il corretto collegamento a terra;

Per la posa interrata:

- Tubazione in polietilene flessibile a doppia parete delle quali quella esterna corrugata e quella interna liscia (resistenza allo schiacciamento fino a 750 N) conformi alla norma CEI 23-46.

Il coefficiente di riempimento delle tubazioni dovrà in ogni caso non superare il 70%. L'interasse di fissaggio delle tubazioni da esterno deve essere non superiore a 40 cm. Non sono ammesse collegamenti fra scatole portafrutti e/o connessione e tubazioni realizzati senza adeguati raccordi predisposti allo scopo.

2.8.2. SCATOLE DI DERIVAZIONE

Le scatole di derivazione dovranno avere una dimensione tale da permettere agevolmente l'esecuzione delle necessarie connessioni e gli interventi di manutenzione e di riparazione che si svolgeranno in futuro. Dette scatole saranno in materiale isolante autoestinguente o in metallo. Il coperchio dovrà essere con fissaggio a vite. Le scatole da esterno dovranno avere una resistenza all'urto minima di 6J se non diversamente specificato.

Tutti i collegamenti presenti dovranno essere identificati da una targhetta riportante la sigla del circuito. Nei pozzetti interrati le giunzioni dovranno essere realizzate con mezzi idonei a ripristinare l'originario isolamento del cavo, quali ad esempio: collegamenti realizzati in scatola di contenimento riempita di resina colata (CEI 20-63).

I chiusini dei pozzetti dovranno garantirne la carrabilità della superficie per il transito di autovetture.

2.8.3. MORSETTI DI GIUNZIONE

Le giunzioni fra conduttori di sezione superiore a 6mmq dovranno essere eseguite su morsettiere opportunamente fissate alle scatole di contenimento. Per sezioni inferiori le connessioni saranno realizzate mediante morsetti a cappelletto isolato in materiale autoestinguente.

2.9. APPARECCHI DI COMANDO E PRESE ELETTRICHE

2.9.1. APPARECCHI DI COMANDO

Negli ambienti residenziali e similari si installerà entro scatole portafrutti autoestinguenti, ciascuna corredata di supporto e placca in materiale isolante o in metallo, apparecchiatura di comando e

segnalazione modulari (16A-250V), conformi alla norma CEI 23-9. Dette apparecchiature dovranno garantire un grado di protezione IP40. In ambienti di altro tipo, dove previsto, si installerà apparecchi preferibilmente modulari con corrente nominale superiore a quella di impiego con un minimo di $I_n=16A$, contenuti in scatole portafrutti da esterno in metallo o in materiale isolante autoestinguente (resistenza all'urto 6J) con o senza portella frontale tale da garantire il grado di protezione richiesto, comunque non inferiore a IP40.

2.9.2. PRESE

Le prese di energia per uso domestico e similare (uffici etc.) a poli allineati con alveoli schermati e le prese del tipo UNEL (schuko o P40) con alveoli schermati saranno conformi alla norma CEI 23-50. Dette prese dovranno essere installate ad altezza diversa dal piano di calpestio in funzione del tipo di posa e comunque non inferiore a: 175mm se a parete, 70mm se su canalizzazioni o zoccolo, 40mm se montata su torretta a pavimento.

Le prese industriali devono essere conformi alla norma CEI 23-12 ed avere, se non diversamente specificato, le seguenti caratteristiche: grado di autoestinguenza V2 per l'involucro e V1 per la presa, resistenza agli urti 6J, grado di protezione IP44 sia con la spina inserita che disinserita, dispositivo di sezionamento rotativo onnipolare dotato di interblocco con l'inserzione/disinserzione spina, protezione mediante un fusibile per ogni fase o interruttore magnetotermico. Le torrette e le colonne per uso domestico e similare (uffici etc.) equipaggiate di prese dovranno essere conformi alla norma CEI 23-73.

3 – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Gli impianti fotovoltaici e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica e le prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF.

Per i dettagli sulle prescrizioni si faccia riferimento alla relazione tecnica specialistica dedicata. L'impianto sarà di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in bassa tensione.

3.1. MODULI FOTOVOLTAICI

DATI GENERALI

Marca	Longi (o similare)
Serie	Hi-MO X10
Modello	LR7-54HVH
Tipo materiale	Monocristallino
Bifacciale	No

CARATTERISTICHE ELETTRICHE IN CONDIZIONI STC

Potenza di picco	500.0 W
I_m	14.83 A
I_{sc}	15.53 A
Efficienza	24.50 %
V_m	33.73 V
V_{oc}	40.75 V

ALTRE CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Coeff. Termico V_{oc}	-0.2000 %/°C
Coeff. Termico I_{sc}	0.050 %/°C
NOCT	45 °C

Vmax **1 500.00 V**

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Lunghezza	1 800 mm
Larghezza	1 134 mm
Superficie	2.041 m²
Spessore	3 mm
Peso	21.60 kg
Cornice presente	Sì

3.2. POSIZIONAMENTO MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli saranno posizionati su un sistema di zavorre in cemento prefabbricato, che dovranno garantire:

1. Una inclinazione di circa 10° rispetto al piano orizzontale;
2. Un efficace ancoraggio dei moduli fotovoltaici alla copertura.

I moduli fotovoltaici, così come tutti i componenti in corrente continua, saranno installati ad una distanza pari ad almeno 1m da lucernari e cappe presenti in copertura. **I moduli fotovoltaici devono essere certificati in classe 1 di resistenza al fuoco.**

3.3. CABLAGGIO ELETTRICO

Le condutture elettriche di un impianto fotovoltaico devono essere in grado di sopportare le severe condizioni ambientali a cui sono sottoposte, quali elevata temperatura, radiazione solare, pioggia, vento, ecc., in modo da garantire le prestazioni richieste per la durata di vita dell'impianto stesso. Tutti i cavi dovranno essere conformi alla normativa CPR.

Non è ammessa la coesistenza di cavi appartenenti a circuiti a tensione diversa all'interno delle stesse canalizzazioni e cassette di derivazione se non muniti tutti dell'isolamento necessario per la tensione più elevata. I cavi di segnale dovranno essere conformi alla norma CEI UNEL 36762 e dovranno riportare nella stampigliatura, oltre che il riferimento alla norma, la sigla "C-4 (U0=400V)".

Tipi di cavi in c.c. (corrente continua)

I cavi devono avere una tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico. I cavi sul lato c.c. (Corrente Continua) dell'impianto FV devono essere scelti ed installati in modo da rendere minimo il rischio di guasto a terra e di cortocircuito, le condutture devono perciò avere un isolamento doppio o rinforzato (classe II). I cavi che collegano i moduli tra di loro sono installati nella parte posteriore dei moduli stessi, quindi devono sopportare elevate temperature (anche se per un periodo limitato dell'anno); devono inoltre presentare una buona flessibilità e resistere ai raggi ultravioletti, e installati a vista. Tipologia dei cavi da utilizzare: H1Z2Z2-K.

Tipi di cavi in c.a. (corrente alternata)

Per i cavi da installare sul lato c.a. (Corrente Alternata), a valle dell'inverter fino al punto di connessione dell'impianto fotovoltaico con l'impianto utilizzatore, è possibile utilizzare cavi non solari, in quanto gli stessi si trovano lontani dai moduli fotovoltaici e perciò soggetti a temperature ambiente intorno ai 30 ÷ 40 °C. Tipologia dei cavi da impiegare: FG16(O)M16.

Sezione dei cavi

Nella scelta della sezione dei cavi, valgono le regole generali degli impianti elettrici, per cui definita con I_b la corrente assorbita dal circuito (stringa), o corrente di impiego e definita con I_z la corrente di portata del cavo nelle reali condizioni di esercizio e di posa, deve sempre essere verificata la relazione che $I_b \leq I_z$.

Caduta di tensione

Negli impianti utilizzatori la caduta di tensione viene in genere limitata al 4% soprattutto per permettere un corretto funzionamento degli apparecchi utilizzatori.

Negli impianti fotovoltaici connessi in rete (Grid Connected), la caduta di tensione sul lato c.c. (Corrente Continua) non è un problema in quanto automaticamente compensata dall'inverter; infatti è lo stesso inverter che regola la tensione al fine di rimanere collegato in parallelo con la Rete Elettrica Nazionale.

Colori dei cavi

I cavi solari sono reperibili con guaine di colore **Rosso** (Polo Positivo), **Nero** (Polo Negativo) e **Blu** (Polo Mediano).

Per i cavi lato a.c. dell'impianto fotovoltaico vanno rispettati i colori distintivi previsti dalle norme (CEI 64/8 art 514.3; CEI UNEL 00722):

- blu per il conduttore di neutro;
- nero, grigio e marrone per i conduttori di fase (colori consigliati).

In tutti i casi, sia sul lato c.c. che sul lato a.c. dell'impianto fotovoltaico, il conduttore di colore giallo-verde contraddistingue il conduttore di protezione ed equipotenziale.

3.4. IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Un sistema FV può essere messo a terra solo se è separato tramite un trasformatore dalla rete di distribuzione in bassa tensione. Le masse devono essere collegate a terra.

Morsetti di Terra

Spesso le parti metalliche presenti negli impianti FV sono di alluminio (anodizzato) per resistere meglio alla corrosione come le cornici dei moduli. Nel collegamento a terra con un conduttore di rame, la giunzione rame-alluminio esposta alle intemperie è soggetta a corrosione elettrolitica (si corrode l'alluminio). In questi casi si devono usare appositi morsetti rame-alluminio, o proteggere tali giunzioni dalle intemperie.

Protezioni

Gli impianti fotovoltaici devono essere dotati di opportuni sistemi di protezione, alla stregua di qualsiasi sistema elettrico di produzione. Nel caso particolare di inserimento di un impianto fotovoltaico in una rete elettrica d'utente, già esistente, ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa viene ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata deve essere adeguata.

3.5. SISTEMA DI PROTEZIONE INTERFACCIA

Trattandosi di un impianto in BT con potenza nominale inferiore a 11.08 kWp, il sistema di protezione di interfaccia (SPI) può essere interno ai convertitori, conforme alla norma CEI 0-21.

Protezioni dalle sovracorrenti sul lato c.c. (corrente continua)

Una sovracorrente è una corrente uguale o superiore alla portata del cavo, che può stabilirsi a seguito di:

- un sovraccarico (circuito elettricamente sano);
- un cortocircuito (circuito affetto da un guasto).

I cavi dell'impianto fotovoltaico sono scelti con una portata almeno uguale alla massima corrente che li può interessare nelle condizioni più gravose ($1,25I_{sc}$ - I_{sc} short-circuit, corrente di cortocircuito) per i cavi di stringa, non è possibile sovraccaricare, e non occorre quindi proteggere contro il sovraccarico, i cavi di un impianto FV.

Protezioni dei moduli dalle correnti inverse

Se una stringa viene cortocircuitata, in tutto o in parte, a seguito di uno o più guasti (o di ombreggiamento), le altre stringhe in parallelo originano una corrente inversa, detta così perché attraversa la stringa in senso inverso a quello ordinario. I moduli fotovoltaici sono in grado di sopportare senza danneggiarsi una corrente inversa compresa in genere tra $2,5 I_{sc}$ e $3 I_{sc}$. (la corrente massima inversa sopportabile dal modulo, non rientra tra i dati di targa obbligatori, tale valore va pertanto richiesto al costruttore). Se $1,25 \times (n-1) \times I_{sc} \leq 2,5 I_{sc}$, cioè fino a tre stringhe ($n \leq 3$), non è necessario il fusibile di stringa a protezione del modulo dalle correnti inverse.

Protezione dalle Sovracorrenti sul lato c.a. (corrente alternata)

Il cavo tra l'inverter ed il punto di parallelo con la rete ha in genere una portata superiore alla massima corrente che l'inverter è in grado di fornire; non è quindi soggetto a sovraccarico. Tale cavo va protetto dalla corrente di cortocircuito fornita dalla rete, in genere da un interruttore magnetotermico, il quale deve essere installato in prossimità del punto di parallelo con la rete.

Per proteggere il cavo si può anche utilizzare l'interruttore generale Bt dell'impianto utilizzatore, se idoneo, ma l'intervento dell'interruttore generale metterebbe fuori servizio l'intero impianto utilizzatore.

Ogni circuito deve essere sezionabile in corrispondenza della sua alimentazione. Tale regola generale si applica anche agli impianti FV, in particolare all'inverter, il quale deve poter essere sezionato sia sul lato c.c. che sul lato a.c., in modo da permettere la manutenzione escludendo entrambe le sorgenti di alimentazione: Rete e Generatore FV.

Sezionamento a valle dell'inverter

Sul lato c.a., a valle dell'inverter, deve essere previsto un dispositivo di sezionamento generale, tale dispositivo deve interrompere tutti i conduttori attivi e deve essere chiudibile a chiave nella posizione di aperto oppure essere installato in un quadro e/o locale richiudibile a chiave al fine di impedirne un tempestivo azionamento. Tale interruttore è dotato di bobina di minima tensione che sgancia l'inverter in caso di mancanza tensione, in quanto in presenza di GE. La necessità della bobina di minima tensione è quella di impedire di fornire energia al quadro da due fonti, il GE e l'impianto fotovoltaico.

Sezionamento a monte dell'inverter

Subito a monte dell'inverter sul lato c.c., deve essere installato un dispositivo di sezionamento azionabile sotto carico, come un interruttore di manovra-sezionatore (DC-21). Tale interruttore di manovra-sezionatore (DC-21) deve essere posto in posizione facilmente accessibile, e può essere interno all'inverter.

Mentre subito a monte dell'inverter, lato a.c., deve essere installato un interruttore magnetotermico di taglia adeguata, a svolgere la funzione di [DDG] "Dispositivo Di Generatore", a protezione della linea a.c. da guasti sul lato d.c., se l'inverter non avesse il trasformatore di isolamento o una qualunque protezione contro le correnti continue allora bisognerà aggiungere un differenziale di tipo "B".

I differenziali di tipo B sono interruttori sensibili anche a dispersioni in corrente continua e/o ad alta frequenza, necessari laddove si utilizzano convertitori di frequenza trifase. Sono impiegati in presenza di generatori di tensione continua permanentemente connessi, senza separazione

galvanica, a reti in corrente alternata, come ad esempio i pannelli fotovoltaici o inverter a frequenza variabile.

Mentre la linea di alimentazione dal gruppo di misura fino all'inverter deve essere protetta da un interruttore magnetotermico-differenziale con differenziale di tipo "A", ed $I_{dn}=0,03$ [A]. Gli interruttori differenziali di tipo A, rispetto a quelli di tipo AC, offrono una protezione maggiore, anche contro le correnti di dispersione per la componente continua (rilevano e interrompono le correnti unidirezionali pulsanti di entrambe le polarità).

3.6. PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI

Schermatura

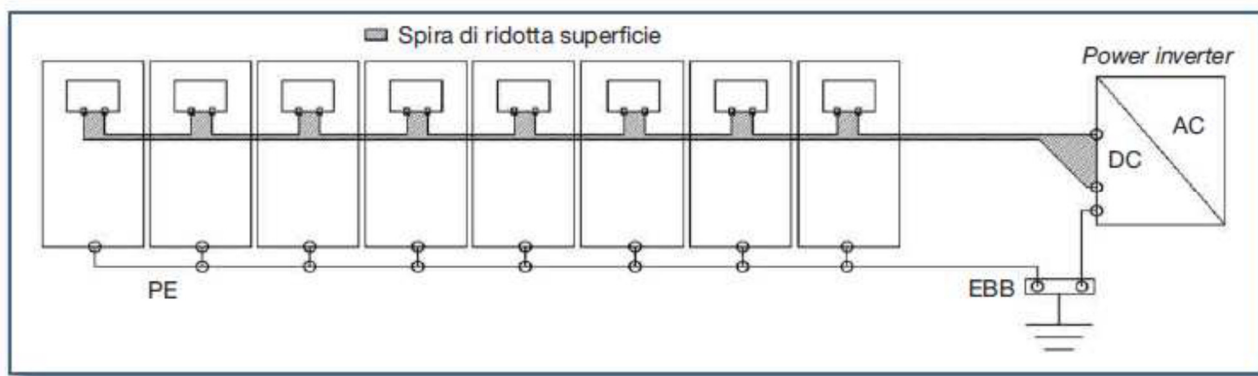
L'effetto schermante di un involucro metallico è dovuto alle correnti indotte sull'involucro stesso, le quali producono un campo magnetico che si oppone alla causa che le ha generate (Legge di Lenz), cioè al campo magnetico del fulmine. Quanto più elevate sono le correnti indotte nello schermo, cioè quanto più elevata è la conduttanza, tanto maggiore è l'effetto schermante. I risultati migliori si ottengono con schermi continui, anziché a maglia o a calza, e con involucri privi di aperture.

L'attenuazione del campo magnetico all'interno dell'involucro si traduce in una riduzione delle sovratensioni indotte. Nei cavi dotati di uno schermo continuo, le sovratensioni tra conduttori sono praticamente nulle. Tubi, o canali continui chiusi, metallici garantiscono il medesimo risultato.

Disposizione dei Circuiti

La riduzione dell'area della spira nella quale si concatena il flusso del campo magnetico è l'altro mezzo efficace per ridurre le sovratensioni indotte.

I cavi che collegano tra loro i moduli fotovoltaici, devono perciò essere collegati, in modo tale da ridurre la spira che creano, oppure si possono twistare, cioè intrecciare in modo da rendere piccola la spira indotta.



Protezione inverter

In genere gli inverter hanno una protezione interna contro le sovratensioni; ciò nonostante si aggiungono SPD ai morsetti dell'inverter, tra i conduttori e terra, al fine di evitare che l'intervento della protezione interna metta fuori servizio l'inverter, con perdita della produzione e costo per l'intervento di personale specializzato sull'inverter.

Gli SPD installati ai morsetti dell'inverter, tra i conduttori attivi e terra, dovrebbero avere, secondo l'orientamento internazionale, le seguenti caratteristiche:

- Classe II;
- Tensione di esercizio continuo $U_C > 1,25 U_{OC}$;
- Livello di protezione $U_P < 0,9 U_{Wi}$, dove U_{Wi} è la tensione di tenuta ad impulso (porta c.c.) dell'inverter indicata dal costruttore;
- Corrente massima di scarica $I_{Max} \geq 5$ [kA];

- Capacità di estinguere la corrente di cortocircuito (con o senza fusibile), superiore alla corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

Gli SPD posti a protezione dell'inverter consentono di proteggere anche i moduli, purché installati ad una distanza ottimale. Gli SPD vanno, perciò, installati vicino all'inverter, a monte del dispositivo di sezionamento dell'inverter stesso, in modo che protegga i moduli anche quando il dispositivo di sezionamento è aperto.

Inverter

Il gruppo di conversione deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso del gruppo di conversione devono essere compatibili con quelli del generatore fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto. Il gruppo di conversione dovrebbe preferibilmente essere basato su inverter a commutazione forzata con tecnica PWM, deve essere privo di clock e/o riferimenti interni, e deve essere in grado di operare in modo completamente automatico e di inseguire il punto di massima potenza (MPPT) del generatore fotovoltaico.

DATI GENERALI

Marca	ZCS (o similare)
Serie	Azzurro
Modello	3PH 4.4KTL-V3
Tipo fase	Trifase

INGRESSI MPPT

N	VMppt min [V]	VMppt max [V]	V max [V]	I max [A]
1	140.00	1 000.00	1 100.00	22.50
2	140.00	1 000.00	1 100.00	22.50

PARAMETRI ELETTRICI IN USCITA

Potenza nominale	4 000 W
Tensione nominale	400 V
Rendimento max	98.40 %
Distorsione corrente	3 %
Frequenza	50 Hz
Rendimento europeo	97.50 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Dimensioni LxPxH	430 x 385 x 182
Peso	17.00 kg

3 – CERTIFICAZIONI

Dovranno essere prodotti al completamento degli impianti le sottoelencate certificazioni:

- certificati di conformità della corretta posa in opera redatti ai sensi del DM 37/08 e successive modifiche ed integrazioni. Di conseguenza dovranno essere allegati: progetto, schemi degli impianti elettrici, documentazione e manuali tecnici dei materiali installati.

Tutte le apparecchiature, unitamente a tutti i materiali utilizzati per l'esecuzione degli impianti, dovranno rispondere alle norme tecniche di sicurezza dell'Ente Italiano di Unificazione (UNI) e del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), nonché a quanto previsto dalla legislazione tecnica vigente in materia.

Sono compresi nell'appalto tutte le assistenze murarie, pezzi speciali, staffe, materiale di consumo, raccorderie, ecc. e tutto quello che è necessario e non esplicitamente indicato nel capitolato, per realizzare l'opera, renderla funzionante e avviare gli impianti, tutti i mezzi di sollevamento e di trasporto, tutti i permessi comunali necessari compresa l'occupazione del suolo pubblico.

Pisa, Maggio 2026

Il Progettista

(Ing. Fedora G. Lombardi)

