



COMUNE DI COLOGNOLA AI COLLI - VR
SETTORE SERVIZI TECNICI - EDILIZIA PUBBLICA

CUP I37B15000010006

PROGETTO NUOVA SCUOLA PRIMARIA

PROGETTO ESECUTIVO
LOTTO A
VARIANTE 1

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

mandatario

mandante



Claudio Lucchin &
architetti associati



Barana Engineering S.r.l.

PROGETTO IMPIANTI

BARANA ENGINEERING S.r.l.
BARANA ING. LUCIANO

Via Maestro Ardizzone, 1 - 37023 GREZZANA (VR) - tel. 045 8650417 - fax 045 907164 - info@barana.it

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

RELAZIONE TECNICA

scala

data

n°elaborato

25.08.2015

051-E-E011-3

E011

Timbri, firme

REV	DATA	DESCRIZIONE	EL	CP
2	20.07.2015	LOTTO A - VARIANTE AL PROGETTO ESECUTIVO	ADP	LB
3	25.08.2015	CORREZIONI E INTEGRAZIONI	ADP	LB

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto dell' RTP. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published, either in part or entirely, without the written permission of RTP. Unauthorized use will be prosecuted by law.

1.0	DESCRIZIONE GENERALE	4
1.1	PREMESSA	4
2.0	METODO DI PRELIEVO E SISTEMA DI DISTRIBUZIONE	4
2.1	CARATTERISTICHE ELETTRICHE	4
3.0	CENNI LEGISLATIVI E NORMATIVI	5
4.0	ALLESTIMENTO QUADRI DI DISTRIBUZIONE	6
4.1	GENERALITÀ	6
4.2	TENUTA AL CORTOCIRCUITO	7
4.3	LIMITI DI SOVRATEMPERATURA	7
4.4	QUADRI AD USO DOMESTICO E SIMILARI	8
4.4.1	Determinazione della corrente nominale del quadro Inq	8
4.4.2	Le verifiche da eseguire	8
4.5	SPECIFICHE DI REALIZZAZIONE	9
5.0	IMPIANTO DI TERRA GENERALE	9
5.1	GENERALITÀ	9
5.2	COMPONENTI DI UN IMPIANTO DI TERRA	9
5.3	IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA	10
5.3.1	Resistenza meccanica e alla corrosione - Tenuta termica	10
5.3.2	Sicurezza delle persone	11
5.4	COORDINAMENTO CON I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	12
6.0	IMPIANTO DISTRIBUZIONE	12
6.1	COEFFICIENTI DI CONTEMPORANEITÀ	12
6.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE	12
6.3	APPARECCHIATURE ELETTRICHE	12
6.4	SEZIONAMENTO	12
6.5	INTERRUTTORI AUTOMATICI	13
6.5.1	Caratteristica d'intervento	13
6.5.2	Interruttori automatici ad uso industriale	13
6.5.3	Interruttori automatici ad uso domestico e similare	13
6.6	INTERRUTTORI DI MANOVRA E INTERRUTTORI – SEZIONATORI	13
6.7	FUSIBILI	13
6.8	CONTATTORI E AVVIATORI	14
6.9	CONTATTORI PER USO DOMESTICO E SIMILARE	14
6.10	PRESE A SPINA	15
7.0	ILLUMINAZIONE	15
7.1	GENERALITÀ	15
7.2	CALCOLO ILLUMINOTECNICO	15
7.2.1	Metodo del flusso totale	15
7.2.2	Metodo del flusso totale semplificato	16
8.0	DISTANZE DI RISPETTO DEI CAVI INTERRATI	16
8.1	DISTANZA DAI CAVI DI TELECOMUNICAZIONE	16
9.0	CARATTERISTICHE INSTALLAZIONI	18
9.1	SCATOLE DI DERIVAZIONE	18
9.2	TUBAZIONI, CANALI E PASSERELLE	18
9.2.1	Tubazioni	18

9.2.2	Passerelle	21
9.3	CAVI E CONDUTTORI	22
9.3.1	Tipi di cavi	22
9.3.2	Colori distintivi	22
9.3.3	Scelta della sezione del cavo e protezione contro il sovraccarico	23
9.3.4	Protezione contro il cortocircuito	23
9.3.5	Sezione e protezione del conduttore di neutro	23
9.3.6	Sezione dei conduttori di terra e protezione	24
9.4	PUNTI LUCE	24
10.0	CARATTERISTICHE DELLE PROTEZIONI	24
10.1	CONTRO I CONTATTI DIRETTI	24
10.1.1	Protezione totale	24
10.1.2	Gradi di protezione	25
10.1.3	Protezione parziale	25
10.2	CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	26
10.2.1	Classificazione dei componenti e degli apparecchi elettrici	26
10.2.2	Sistemi TT	26
10.3	CONTRO I SOVRACCARICHI E I CORTOCIRCUITI	27
11.0	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER I LOCALI DA BAGNO	28
12.0	IMPIANTO ELETTRICO E BARRIERE ARCHITETTONICHE	28
12.1	DEFINIZIONI E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	28
12.2	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI	29
13.0	VERIFICHE	30
13.1	ESAME A VISTA	30
13.2	PROVE, MISURE E VERIFICHE TECNICHE	31
13.3	VERIFICHE PERIODICHE	31

1.0 DESCRIZIONE GENERALE

1.1 PREMESSA

Gli impianti che formano oggetto della presente relazione, dovranno essere realizzati nella costruzione di una nuova scuola primaria nel Comune di Colognola ai Colli (VR). Il progetto completo prevede la realizzazione dell'edificio in due stralci, denominati "Lotto A" e "Lotto B". Oggetto del presente appalto è il solo "Lotto A".

L'impianto elettrico a servizio dell'intera struttura ha una distribuzione di tipo "stellare", la fornitura dell'ente erogatore è prevista al confine di proprietà, sul lato ovest del lotto, tramite tubazioni interrate dall'interruttore generale "QIG" sarà raggiunto il dal quadro generale lotto A "QGA", posizionato in apposito locale tecnico al piano terra. La distribuzione principale è prevista in canalizzazioni in filo d'acciaio poste all'interno del controsoffitto previsto nelle zone di passaggio (corridoi e atrii), mentre la distribuzione secondaria all'interno dei vari locali è prevista sottotraccia e/o all'interno delle pareti o controsoffitto.

Nel locale tecnico è previsto il quadro di distribuzione, le apparecchiature e le centraline di comando degli impianti meccanici.

Tutti gli ambienti sono dotati di un punto dati affinché supporti tecnologici ed informatici possano essere integrati nei metodi di insegnamento.

L'impianto di illuminazione risulta diviso in due sezioni, illuminazione ordinaria e di emergenza.

Per raggiungere un ottimale comfort visivo ed un notevole risparmio energetico si è previsto, oltre all'installazione di apparecchi di illuminazione ad alta efficienza, l'utilizzo inoltre di un sistema di rilevamento della luminosità dell'ambiente attraverso sensori di luce, in grado di regolare la potenza delle lampade installate nei vari ambienti in funzione dell'apporto dell'illuminazione naturale al fine di mantenere livelli di luminosità costanti in tutte le situazioni.

Tutto l'edificio è dotato di un impianto di illuminazione di emergenza in ottemperanza alle norme CEI 64/8 e CEI 64/50 e i decreti DM 18/08/96 e DM 18/03/96, oltreché ai disposti del recente D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza". L'impianto risulta dimensionato per garantire i livelli minimi di sicurezza ed entrerà in funzione al mancare dell'alimentazione normale.

Nell'edificio sono inoltre previsti i seguenti impianti:

- impianto di evacuazione sonora conforme alla Norma EN 54 per trasmissione messaggi vocali in caso di emergenza, tutti gli ambienti sono coperti da apposito diffusore, sono previste due postazioni microfoniche, una per piano, la centrale sarà alloggiata nel locale tecnico;
- impianto di segnalazione incendio secondo Norma EN 54 per la segnalazione a mezzo di pulsanti di eventuali principi di incendio o situazioni pericolose, per ogni piano è prevista idonea sirena di segnalazione;
- impianto di chiamata bidello dall'aula e dai bagni per disabili con segnalazione su display alfanumerico posizionato nella postazione bidello;
- impianto anti-intrusione composto da centrale posizionata nel locale tecnico, contatti magnetici per tutte le porte del piano terra, rivelatori a doppia tecnologia nei corridoi del piano terra e del piano primo, sirene per interno ad ogni piano, sirena per esterno e la predisposizione di 4 punti per telecamere esterne per un eventuale futuro utilizzo.

Tutti gli impianti saranno predisposti per una eventuale interconnessione con il futuro lotto B della scuola.

Sono soggette alla progettazione in base al DM 37/08 tutte le parti dell'impianto elettrico, in quanto facenti parte di un'attività commerciale con potenza elettrica impegnata superiore a 6 kW.

2.0 METODO DI PRELIEVO E SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

2.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Sistema elettrico di I categoria	: 400V
Sistema elettrico in funzione dello stato del neutro	: sistema TT
Potenza disponibile	: circa 60 kW
Fattore di potenza medio mensile	: maggiore di 0,9

3.0 CENNI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della Legge 1° marzo 1968, n.186. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione dell'offerta ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei VV.F.;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della TELECOM;
- alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- Legge 46/90 del 05/03/1990, limitatamente agli articoli 8 (Finanziamento dell'attività di normazione tecnica), art. 14 (Verifiche), art. 16 (Sanzioni);
- Decreto 22 gennaio 2008, n. 37 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- D. Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- Direttive C.E.E. per la vendita ed il commercio di materiale elettrico;
- Tabelle CEI-Unel.

In particolare si ricordano le seguenti principali Norme CEI.

- Norma CEI 64-8 - fascicoli da 1 a 7 - Norma Generale Impianti elettrici utilizzatori;
- Norma CEI 64-12 - Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;
- Norma CEI 64-50 - Edilizia residenziale - Guida per l'esecuzione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione per impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati;
- Norma CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo;
- Norma CEI EN 61439-1 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Regole generali;
- Norma CEI EN 61439-2 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 2: Quadri di potenza;
- Norma CEI EN 61439-3 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO);
- Norma CEI EN 61439-4 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 4: Prescrizioni particolari per quadri per cantiere (ASC);
- Norma CEI EN 61439-5 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 5: Quadri di distribuzione in reti pubbliche;
- Norma CEI EN 61439-6 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 6: Condotti sbarre;
- Norma CEI 20 (UNEL 35024/1) – Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua. Portate di corrente in regime per posa in aria
- Norma CEI 20-13 - Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 20-14 - Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV;
- Norma CEI 20-19 - Cavi con isolamento reticolato in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- Norma CEI 20-20 - Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- Norma CEI 20-22 - Prova d'incendio sui cavi elettrici;
- Norma CEI 20-24 - Giunzioni e terminazioni per cavi d'energia;
- Norma CEI 20-28 - Connettori per cavi d'energia;
- Norma CEI 20-37 - Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio - Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;
- Norma CEI 20-38 - Prova dei cavi non propaganti l'incendio e basso sviluppo di fumi e di gas tossici e corrosivi - tensione nominale U_0/U non superiore a 0,6/1 kV;
- Norma CEI 20-40 - Guida per l'uso di cavi a bassa tensione;
- Norma CEI 23-3 - Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 23-9 - Apparecchi di comando non automatici per installazione fissa per usi domestici e similare;
- Norma CEI 23-12 - Spine e prese per usi industriali;
- Norma CEI 23-55 – Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche;
- Norma CEI 23-93 – Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche;
- Norma CEI 23-50 – Spine e prese per usi domestici e similari;
- Norma CEI 23-20 - Dispositivi di connessione per circuiti a bassa tensione per usi domestici e similari;

- Norma CEI 23-26 - Tubi per installazioni elettriche - Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori;
- Norma CEI EN 61386 - Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche;
- Norma CEI 23-42 - Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI 23-44 - Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI 23-51 - Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare;
- Norma CEI 23-76 - Sistemi di passerelle portacavi a fondo continuo e a traversini per la posa dei cavi;
- Norma CEI EN 60079 Atmosfere esplosive;
- Norma CEI EN 60269 - Fusibili di bassa tensione;
- Norma CEI 34-22 - Apparecchi di illuminazione - Prescrizioni particolari - Apparecchi di emergenza;
- Norma CEI 34-23 - Apparecchi di illuminazione - Prescrizioni particolari - Apparecchi fissi per uso generale;
- Norma CEI 70-1 - Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- Norma CEI 79-3 - Sistemi di allarme - Prescrizioni particolari per gli impianti di allarme intrusione;
- Norma CEI 79-4 - Impianti antieffrazione, antiintrusione, antifurto e antiaggressione - Norme particolari per il controllo degli accessi;
- Norma CEI 103-1 - Impianti telefonici interni.
- Norma CEI EN 62305-1 - Protezione contro i fulmini. Principi generali
- Norma CEI EN 62305-2 - Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio
- Norma CEI EN 62305-3 - Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- Norma CEI EN 62305-4 - Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture

Tutti i riferimenti alle norme si intendono estesi alle eventuali varianti ed aggiunte successive (Leggi, Decreti e Circolari Ministeriali integrative).

4.0 ALLESTIMENTO QUADRI DI DISTRIBUZIONE

4.1 GENERALITÀ

Ogni quadro elettrico è da considerare un componente dell'impianto, come ad esempio un interruttore o una presa a spina e, come tale deve rispondere alle relative norme di prodotto (Norme CEI EN 61439) e deve avere un costruttore che ne dichiara la conformità.

Come tutti i componenti elettrici, anche il quadro deve avere una targa sulla quale deve essere indicato il nome del costruttore, o il marchio di fabbrica, insieme al tipo e/o numero di identificazioni, in modo che sia possibile ottenere le informazioni previste dalla norma.

Esistono due tipi di quadri: i quadri AS e i quadri ANS.

I quadri AS sono quadri totalmente provati al tipo, cioè sono stati sottoposti a tutte le prove di tipo previste dalle norme.

I quadri ANS sono quadri parzialmente provati al tipo, cioè sono stati sottoposti solo ad alcune prove di tipo previste dalle norme. Le prove mancanti sono sostituite da calcoli o da misure semplificate.

Le prove di tipo hanno lo scopo di verificare la corretta progettazione del quadro; alle prove di tipo si aggiungono le prove individuali, per accertare che il singolo quadro sia stato costruito secondo il prototipo.

Le norme prevedono le seguenti prove di tipo relative a:

- Limiti di sovratemperatura,
- Tenuta alla tensione applicata,
- Tenuta al cortocircuito,
- Efficienza del circuito di protezione,
- Distanze d'isolamento,
- Grado di protezione IP,
- Funzionamento meccanico.

Le prove di tipo più importanti sono la prova di sovratemperatura e la prova di tenuta al cortocircuito.

I quadri AS sono anche detti quadri di serie (Apparecchiature di Serie), perché i quadri totalmente provati al tipo sono spesso prodotti in serie, ma non è necessario che la produzione sia in serie perché il quadro sia AS: un quadro totalmente provato al tipo può essere prodotto solo in alcuni esemplari; per contro un quadro prodotto in serie può anche essere parzialmente provato al tipo, cioè di tipo ANS.

I quadri AS non necessariamente devono essere tutti uguali: sono ammesse varianti rispetto al quadro totalmente provato al tipo che non compromettano le prestazioni del quadro (varianti non sostanziali).

Ad esempio, rispetto alla prova di sovratemperatura, si possono introdurre tutti quei cambiamenti che non aumentano in modo significativo lo sviluppo di calore o la sua dissipazione verso l'esterno. Si può ad esempio diminuire il numero di interruttori, o sostituirli con altri che sviluppano una potenza termica uguale o inferiore, ecc.

Su questo principio si basano i quadri che rispondono a un sistema costruttivo prestabilito, i quali devono essere montati secondo le indicazioni del fornitore dei vari componenti del quadro, che ha condotto le prove di tipo su un certo numero di configurazioni tra le più severe.

I quadri ASD sono quadri destinati ad essere installati in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso.

Per persona addestrata si intende una persona che abbia conoscenze tecniche ed esperienza, oppure che ha ricevuto istruzioni specifiche tali da permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate.

Se si considera un quadro normale, completamente chiuso, senza alcuna possibilità di accesso alle parti attive, l'uso del quadro consiste nella manovra degli interruttori.

Si ritiene che qualunque persona normale possa essere considerata, a tal fine, addestrata a compiere tali operazioni.

Tutt'al più è sufficiente rendere inaccessibili gli interruttori con uno sportello chiuso a chiave e consegnare la chiave ad alcune persone responsabili.

Se, viceversa, si deve accedere all'interno del quadro, ciò deve essere possibile soltanto a personale elettricamente addestrato.

In definitiva, si ritiene che sia necessario utilizzare i quadri ASD solo in casi eccezionali.

Attualmente risulta in vigore la serie di norme CEI EN 61439 relativamente ai quadri elettrici.

4.2 TENUTA AL CORTOCIRCUITO

Ogni quadro deve essere capace di sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche in condizioni di cortocircuito. La tenuta al cortocircuito può prescindere dal dispositivo di protezione contro le sovracorrenti o essere da questo condizionata.

Se si prescinde dal dispositivo di protezione, la tenuta al cortocircuito è espressa dalla corrente ammissibile di breve durata (I_{cw}), intesa come la corrente che il quadro, o un circuito del quadro, può sopportare per un secondo, o per un tempo specificato dal costruttore del quadro. Un secondo è il tempo massimo per il quale si ammette possa durare il cortocircuito, prima che intervengano i dispositivi di protezione a monte.

Se si fa conto sull'intervento di un dispositivo di protezione, installato sul quadro o a monte del quadro ma specificato dal costruttore del quadro stesso, la tenuta al cortocircuito è individuata dalla corrente di cortocircuito condizionata (I_{cc}).

Sia la corrente ammissibile di breve durata, sia la corrente di cortocircuito condizionata, sono espresse dal valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito.

Va da sé, che il quadro può essere installato in un punto dell'impianto dove la corrente di cortocircuito presunta (I_{cp}) non superi la corrente ammissibile di breve durata (I_{cw}) o la corrente di cortocircuito condizionata (I_{cc}).

La prova di tenuta al cortocircuito non è richiesta per i quadri che hanno una corrente ammissibile di breve durata, o una corrente di cortocircuito condizionata, uguale o inferiore a 10 kA.

La prova di tenuta al cortocircuito non è neanche richiesta dalla norma quando il quadro è protetto da un interruttore limitatore che limiti la corrente a un valore non superiore a 15 kA (valore di picco) in corrispondenza del suo potere d'interruzione. Al di là della norma, sembra possibile riferirsi alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione del quadro anziché al potere di interruzione del dispositivo di protezione.

I quadri AS devono essere sottoposti alla prova di cortocircuito, salvo le eccezioni precedentemente indicate. Un quadro ANS può essere, invece, derivato da un quadro provato, se le modifiche approvate conducono a sollecitazioni, calcolate secondo la norma CEI 17-52, uguali o inferiori a quelle del quadro provato.

4.3 LIMITI DI SOVRATEMPERATURA

Gli apparecchi elettrici installati in un quadro sviluppano calore, il quale, a regime, è interamente dissipato nell'ambiente circostante.

Per dissipare calore il quadro assume una sovratemperatura, rispetto all'ambiente circostante, tanto più elevata quanto maggiore è il calore prodotto dalle apparecchiature installate nel quadro.

La sovratemperatura raggiunta nei vari punti all'interno del quadro, ad esempio sui terminali degli interruttori, deve essere compatibile con i materiali isolanti utilizzati e con il corretto funzionamento delle apparecchiature installate all'interno del quadro stesso.

Nei quadri AS il rispetto dei limiti di sovratemperatura deve essere verificato con una prova di riscaldamento.

Nei quadri ANS la sovratemperatura dell'aria all'interno del quadro può essere calcolata secondo la procedura della norma CEI 17-43 .

4.4 QUADRI AD USO DOMESTICO E SIMILARI

Le seguenti prescrizioni si applicano ai quadri realizzati assemblando entro involucri conformi alla norma CEI 23-48 e CEI 23-49 almeno due dispositivi (un unico interruttore non costituisce un quadro) che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile (interruttori automatici o differenziali, trasformatori, lampade, ecc.).

Sono ad installazione fissa e devono essere utilizzati a temperature ambiente non superiore a 25° C ma che occasionalmente possono raggiungere i 35° C.

Sono previsti per un impiego in corrente alternata con tensione nominale non superiore a 440 V e con una corrente di corto circuito presunta non superiore a 10 kA (valore efficace della componente simmetrica) elevabile a 15 kA se protetti da dispositivi limitatori di corrente (fusibili o interruttori) che limitano il valore di picco della corrente di cortocircuito a 15 kA in corrispondenza del loro potere di interruzione nominale.

Se anche una sola delle condizioni indicate non dovesse essere verificata il quadro deve essere riferito alla serie di norme CEI EN 61439.

Tutti i quadri devono avere una targa che può essere posta anche dietro la porta e deve indicare con scritte indelebili:

- nome o marchio del costruttore;
- tipo del quadro e numero di identificazione;
- corrente nominale del quadro;
- natura della corrente e frequenza;
- tensione nominale di funzionamento;
- grado di protezione se superiore a IP2XC (protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm e contro l'accesso a parti pericolose con un dito e contro l'accesso con un attrezzo impugnato)

4.4.1 Determinazione della corrente nominale del quadro Inq

La corrente nominale del quadro Inq è il valore più basso tra la corrente nominale in entrata Ine e la corrente nominale in uscita Inu. Per corrente nominale Ine in entrata del quadro si intende l'85% della corrente nominale o della somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione e/o manovra (magnetotermico, magnetotermico-differenziale, differenziale puro, interruttore di manovra ecc..) di ingresso del quadro destinati ad essere usati contemporaneamente. La corrente nominale in uscita Inu del quadro si ottiene sommando le correnti nominali In dei dispositivi di protezione e/o manovra in uscita utilizzati contemporaneamente.

Se non si conoscono i circuiti che possono funzionare contemporaneamente si considera la somma delle correnti nominali di tutti i dispositivi in uscita.

In assenza di dispositivi di protezione e/o manovra in entrata, la corrente nominale del quadro Inq si può identificare con la corrente nominale in uscita Inu.

In un quadro con più interruttori in ingresso (ad esempio, anche se sarebbe bene evitare la promiscuità fra circuiti di utenze diverse, il quadro centralizzato per la protezione dei montanti in un edificio di civile abitazione) la Inq del quadro può essere calcolata sommando l'85% della In dei vari interruttori (se gli interruttori in ingresso hanno tutti la stessa corrente nominale: $0,85 \times n \times In$ dove In è la corrente nominale degli interruttori e n è il numero degli interruttori).

4.4.2 Le verifiche da eseguire

Il quadro dovrà essere sottoposto ad alcune verifiche, in particolare:

- verifica della costruzione e dell'identificazione (il quadro deve avere la targa e deve essere conforme agli schemi circuitali e ai dati tecnici allegati);
- verifica dei limiti di sovratemperatura (verifica che la potenza totale dissipata dal quadro sia inferiore alla potenza massima dissipabile dall'involucro);
- verifica del cablaggio, del funzionamento meccanico ed eventualmente del funzionamento elettrico (controllo del corretto collegamento dei cavi e degli apparecchi);
- verifica dell'efficienza del circuito di protezione (nei quadri metallici controllare a vista o se necessario con prove strumentali il buon collegamento delle masse al conduttore di protezione);
- prova della resistenza di isolamento (la norma CEI 64-8 stabilisce per ogni circuito, quadri più impianto, che la resistenza di isolamento minima sia cinquecento kΩ. In ogni caso la resistenza di isolamento è normalmente dell'ordine dei megaohm e quindi il problema non si pone. La verifica deve essere effettuata mediante uno strumento in grado di fornire una tensione di almeno 500 V tra ogni conduttore attivo e le masse e tra i conduttori attivi.

Terminate le verifiche e le prove richieste deve essere compilata la dichiarazione di conformità che costituirà l'allegato A della documentazione prevista (vedere figura sottostante). Oltre a questo dovranno essere predisposti lo schema unifilare del quadro con dati tecnici relativi ai componenti e, se richiesta, la relazione

di verifica dei limiti di sovratemperatura. La conformità alla norma CEI 23-51, se il quadro è stato costruito in proprio, sarà sottoscritta dalla stessa ditta installatrice nel momento in cui rilascia la dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola dell'arte, oppure dalla ditta che ha costruito il quadro se la ditta installatrice installa quadri prodotti da altri.

<p>Allegato A secondo CEI 23-51 (da riportare su carta intestata del costruttore) Dichiarazione di conformità alla regola dell'arte Il quadro di distribuzione tipo: Tensione nominale: Corrente nominale I_{ng} : Grado di protezione IP : E' conforme alla norma sperimentale CEI 23-51 Luogo, Data,.....</p> <p style="text-align: right;">Denominazione sociale (Firma del legale rappresentante)</p>

Dichiarazione di conformità di quadro di distribuzione per uso domestico e similare secondo CEI 23-51

4.5 SPECIFICHE DI REALIZZAZIONE

I quadri di distribuzione comprenderanno, tra gli altri, i circuiti di sezionamento, comando e protezione di:

- impianto luce
- impianto F.M.
- impianti di servizi e/o sicurezza

I quadri elettrici dovranno essere realizzati con carpenteria come specificato nel singolo schema elettrico o nelle descrizioni di computo, di tipo per posa a parete o ad incasso, dotati di struttura portapparecchi di tipo modulare e con portello.

Tutti i quadri elettrici devono essere dotati di interruttore sezionatore generale che sezionerà il cavo di arrivo della alimentazione.

Opportune targhette dovranno segnalare e identificare tutte le apparecchiature elettriche installate, inoltre i conduttori ed i cavi in partenza dal quadro elettrico devono essere dotati di appositi segnafile o segnacavi indelebili. I quadri dovranno essere dotati di targhette di pericolo e altre in cui si specifica la tensione nominale di funzionamento.

Le eventuali morsettiere devono essere dotate di contrassegni identificativi e dimensionate in modo opportuno secondo le correnti nominali, al fine di poter serrare correttamente i cavi di sezioni prefissate fra un minimo ed un massimo.

Non è obbligatorio installare un interruttore generale con dispositivo bloccoporta, purché la struttura di protezione contro i contatti indiretti sia apribile solamente mediante l'uso di un apposito attrezzo o con chiave e quando tutte le protezioni elettriche sono accessibili sul frontale dello stesso. Rimane peraltro obbligatorio il sistema bloccoporta principalmente quando i dispositivi di protezione sono posti all'interno del medesimo, per cui l'utente per riattivare l'apparecchiatura specifica deve operare a contatto con le parti attive. I connettori isolati devono essere installati e fissati in modo da non appoggiare su parti nude in tensione o su spigoli vivi. La carpenteria metallica deve essere sempre connessa a terra.

5.0 IMPIANTO DI TERRA GENERALE

5.1 GENERALITÀ

L'impianto di terra costituisce un mezzo che permette alla corrente di guasto di disperdersi o di richiudersi, tramite una resistenza di basso valore, attraverso il terreno. Può svolgere funzioni diverse se è installato dall'utente o dal distributore e se il sistema di distribuzione è un TT o un TN.

5.2 COMPONENTI DI UN IMPIANTO DI TERRA

Sono componenti fondamentali di un impianto di terra:

- il dispersore (o i dispersori) di terra, costituito da uno o più elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno e che realizza il collegamento elettrico con la terra; a tale scopo è consentito il collegamento alle reti di fondazione del fabbricato;
- il conduttore di terra, non necessariamente in intimo contatto con il terreno destinato a collegare i dispersori fra di loro e al collettore (o nodo) principale di terra. I conduttori parzialmente interrati e

- non isolati dal terreno, debbono essere considerati a tutti gli effetti dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata (o comunque isolata dal terreno);
- il conduttore di protezione parte del collettore di terra (o nodo), arriva in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra); o direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili; è vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a 4 mm². Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico della fornitura) il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione;
 - il collettore (o nodo) principale di terra nel quale confluiscono i conduttori di terra, di protezione, di equipotenzialità (ed eventualmente di neutro, in caso di sistemi TN, in cui il conduttore di neutro ha anche la funzione di conduttore di protezione);
 - il conduttore equipotenziale, avente lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee (parti conduttrici, non facenti parte dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra).

Al montante del conduttore di terra e/o al nodo di terra si devono collegare tutti i conduttori di terra di utenza e tutti i conduttori dei collegamenti equipotenziali che si rendono necessari. In particolare i collegamenti equipotenziali principali (EQP) vanno effettuati alla base dell'edificio, in particolare essi comprendono:

- tubazioni metalliche acqua, gas, etc. etc.;
- strutture metalliche della costruzione, le canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento dell'aria;
- schermi metallici dei cavi.

I collegamenti supplementari (EQS) vanno effettuati localmente negli ambienti dove maggiore è il rischio elettrico, ad esempio nel locale bagno o nei locali adibiti ad uso medico. La sezione minima dei conduttori equipotenziali principali (EQP) deve essere non inferiore alla metà della sezione del conduttore di protezione (PE) dell'impianto con un minimo di 6 mm² ed un massimo di 25 mm². Un conduttore equipotenziale supplementare (EQS) che colleghi due masse deve avere una sezione non inferiore a quella del più piccolo conduttore di protezione collegato a queste masse. Un conduttore equipotenziale supplementare (EQS) che connette una massa ed una massa estranea deve avere una sezione non inferiore alla metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione. Tutti gli attacchi equipotenziali eseguiti dovranno essere sempre visibili e protetti meccanicamente, compreso il conduttore di connessione.

5.3 IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA

Il dimensionamento dell'impianto di terra viene condotto sulla base di tre criteri fondamentali:

- resistenza meccanica e alla corrosione;
- tenuta termica;
- sicurezza delle persone.

5.3.1 Resistenza meccanica e alla corrosione - Tenuta termica

Il dispersore deve avere una buona resistenza meccanica e alla corrosione che può essere ottenuta adottando i materiali e le dimensioni minime previste dalla Norma come indicato in tab. 5. I valori che IE Norme CEI EN 50522 e CEI EN 61936-1 riportano si discostano in parte da quelli previsti dalle Norme CEI 64-8 e CEI 81-1, relative agli impianti utilizzatori di bassa tensione e alla protezione contro i fulmini. Per proteggere dai guasti sia in AT che in BT e dai fulmini, gli impianti di terra, in genere, sono unici per cui è auspicabile per il futuro una revisione dei valori minimi. Per quanto riguarda la resistenza meccanica la Norma prevede per i conduttori di terra, compresi quelli di protezione ed equipotenziali, una sezione minima di 16 mm² mentre, per tenere conto della tenuta termica, oltre che rispettare le sezioni minime previste, è necessario considerare il valore e la durata della corrente di guasto (nel calcolo si può considerare il vero valore della corrente che interessa il conduttore che si deve dimensionare in quanto la corrente di solito si divide tra i diversi componenti dell'impianto di terra). Quando il guasto viene interrotto in tempi inferiori ai 5 s (condizioni adiabatiche di riscaldamento), ponendo l'energia specifica sopportata dal conduttore superiore a quella lasciata passare dal dispositivo di protezione, la sezione del conduttore percorso dalla corrente di guasto può essere calcolata mediante la relazione:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{I_f}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

dove:

- A è la sezione in mm²
 I è la corrente del conduttore in ampere (valore efficace)
 t_f è la durata in secondi della corrente di guasto
 K è una costante che tiene conto del materiale del componente percorso da corrente (tab. 3)
 β è il reciproco del coefficiente di temperatura della resistenza del componente percorso dalla corrente a 0 °C (tab. 3)
 θ_i è la temperatura iniziale in gradi Celsius. I valori possono essere rilevati dalla IEC 60287-3-1. Se nelle tabelle nazionali non è indicato alcun valore, si dovrebbe adottare, come temperatura del terreno alla profondità di 1 m, quello di 20 °C.
 θ_f è la temperatura finale in gradi Celsius

Materiale	β in °C	K in A √S/mm ²
Rame	234,5	226
Alluminio	228	148
Acciaio	202	78

Tab. 5 – Valori del coefficiente β e K per la verifica del conduttore di terra

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diametro (mm)	Sezione trasversale (mm ²)	Spessore (mm)	Valori singoli (μm)	Valori medi (μm)
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilato (inclusi i piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo dispersore orizzontale	8			1000	
	Con guaina di rame estruso	Barra tonda per picchetto	15			2000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina	Corda	1,8 ^(d)	25		1000	
	Di piombo ⁽¹⁾	Filo tondo		25		1000	

Per cavetti singoli
^(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento
^(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati
^(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm²
^(d) Per fili singoli

Tab. 6 – Dimensioni minime dei componenti del dispersore secondo CEI EN 50522

5.3.2 Sicurezza delle persone

La sicurezza delle persone viene ottenuta sostanzialmente con interventi atti a contenere le tensioni di passo e di contatto.

Trattandosi di un sistema TT si confronta la tensione totale di terra U_E con il valore della tensione di contatto ammissibile U_{TP}. Se la tensione totale di terra U_E, determinato con misure o calcoli, non supera il doppio del valore della tensione di contatto ammissibile U_{TP}, il dimensionamento è corretto e non è necessario adottare alcun provvedimento aggiuntivo; in alternativa è possibile adottare i provvedimenti M prescritti nell'allegato E della Norma CEI EN 50522.

Se non sono rispettate le condizioni precedentemente prescritte, si dovrà verificare che sia rispettata la tensione di contatto ammissibile U_{TP} come da Figura 4 della CEI EN 50522.

5.4 COORDINAMENTO CON I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

La protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

- coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè magnetotermico, in modo che risulti soddisfatta la seguente relazione: $R_t \leq 50/I_s$ dove R_t è il valore in ohm della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e I_s è il più elevato tra i valori in ampere delle correnti di intervento in un tempo inferiore a 5 secondi dei dispositivi di massima corrente posti a protezione delle singole derivazioni;
- coordinamento fra impianto di messa a terra e interruttori differenziali.

Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore dotato di relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo. Affinché detto coordinamento sia efficiente deve essere osservata la seguente relazione: $R_t \leq 50/I_d$ dove R_t è il valore in ohm della resistenza dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli e I_d il più elevato fra i valori in ampere delle correnti differenziali nominali di intervento delle protezioni differenziali poste a protezione dei singoli impianti utilizzatori.

6.0 IMPIANTO DISTRIBUZIONE

6.1 COEFFICIENTI DI CONTEMPORANEITÀ

Il calcolo della corrente pertinente ai circuiti dorsali e principali sarà calcolata sulla base dei sottoelencati coefficienti di contemporaneità:

Circuito	Coefficiente
Utilizzatori fissi	1.00
Prese a spina	0.50
Punti luce	0.65

6.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Circuito	potere di interruzione
linee monofase	6 kA
linee trifase	6 kA

Circuito	caduta di tensione max.
circuiti luce	4 %
circuiti F.M.	4 %

6.3 APPARECCHIATURE ELETTRICHE

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui vengono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio; inoltre devono essere rispondenti alle relative norme CEI e le tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistono.

I componenti autoestinguenti, non regolamentati da apposita prova secondo la specifica norma CEI, devono essere scelti conformi alla prova del filo incandescente, secondo i valori indicati nella tabella 422 delle norme CEI 64-8/4.

Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso, utilizzando la simbologia dei CEI e la lingua Italiana.

6.4 SEZIONAMENTO

Ogni circuito deve essere sezionabile, deve cioè avere un dispositivo di sezionamento per garantire la sicurezza del personale che esegue lavori elettrici su, o in vicinanza, di parti attive, salvo casi particolari. Come dispositivi di sezionamento si possono utilizzare, oltre ai sezionatori e agli interruttori – sezionatori, anche gli interruttori automatici e differenziali ed i fusibili.

Gli interruttori automatici onnipolari, conformi alla norma CEI 23-3 (uso domestico e similare) e gli interruttori differenziali puri, conformi alla norma CEI 23-42 o dotati anche di sganciatore di sovracorrenti,

norma CEI 23-44, possono essere utilizzati non solo come protezione, ma anche come sezionamento, poiché sono dichiarati a tal fine idonei dalle stesse norme di prodotto. Per gli interruttori conformi alla norma CEI 17-5 (Uso industriale) l'idoneità a svolgere la funzione di sezionamento deve essere invece esplicitamente dichiarata dal costruttore.

Il sezionamento deve comprendere tutti i conduttori attivi: negli impianti alimentati direttamente in bassa tensione dal distributore (sistemi TT) il conduttore di neutro è da ritenere attivo. Per attuare il sezionamento nei circuiti monofase l'interruttore deve quindi interrompere sia la fase sia il neutro; entrambe le fasi nei circuiti fase - fase. Nei circuiti trifasi con neutro l'interruttore deve interrompere le tre fasi e il neutro (interruttore quadripolare). I dispositivi di sezionamento devono essere chiaramente identificati; è sufficiente una etichetta che indichi il circuito su cui sono installati. Occorre prendere precauzioni per evitare che il circuito sia richiuso intempestivamente durante l'esecuzione di lavori elettrici, ad esempio porre i dispositivi di sezionamento entro un quadro chiudibile a chiave. Ciò vale anche per gli interruttori utilizzati ai fini dell'interruzione del circuito per manutenzione non elettrica, cioè per interrompere l'alimentazione di apparecchi che possono comportare rischi meccanici per le persone a seguito di azionamento intempestivo, ad esempio durante la manutenzione meccanica di macchine utensili, di elevatori, nastri trasportatori, ecc.

6.5 INTERRUITORI AUTOMATICI

6.5.1 Caratteristica d'intervento

Se l'interruttore deve proteggere il cavo dal sovraccarico, occorre controllare che la portata del cavo I_z sia superiore, o uguale, alla corrente nominale dell'interruttore ($I_z > I_n$). In pratica, se si aumenta la corrente nominale dell'interruttore può essere necessario aumentare anche la sezione del cavo.

Il comportamento di un interruttore automatico al cortocircuito è definito diversamente secondo che l'interruttore sia ad uso industriale (CEI 17-5) o domestico e similare (CEI 23-3).

6.5.2 Interruttori automatici ad uso industriale

Un interruttore ad uso industriale è specificato con il potere di interruzioni estremo I_{cu} (evento abbastanza raro di interruzione della corrente di cortocircuito nel punto in cui è installato l'interruttore) e con il potere d'interruzione di servizio I_{cs} (evento più probabile di intervento per cortocircuiti in punti periferici dell'impianto dove la corrente di cortocircuito è minore).

In definitiva, l'interruttore rimane in servizio dopo aver subito correnti di cortocircuito fino a I_{cs} , mentre per correnti comprese tra I_{cs}/I_{cu} l'interruttore è capace di aprire il circuito, ma potrebbe non essere idoneo a riprendere il servizio.

L'installatore deve scegliere un interruttore con un potere d'interruzione estremo (I_{cu}) maggiore (o uguale) alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione e con un rapporto I_{cs}/I_{cu} tanto più elevato quanto più è importante la continuità di servizio.

6.5.3 Interruttori automatici ad uso domestico e similare

La norma relativa agli interruttori automatici per uso domestico e similare non distingue tra potere di chiusura e di interruzione, ma si riferisce al potere di cortocircuito inteso come la corrente di cortocircuito che l'interruttore è capace di stabilire, portare e interrompere (in condizioni di prova specificate).

L'interruttore deve essere scelto con un potere di cortocircuito nominale (I_{cn}) maggiore (o uguale) alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione.

6.6 INTERRUITORI DI MANOVRA E INTERRUITORI – SEZIONATORI

Un interruttore di manovra, chiamato comunemente interruttore non automatico, è destinato a stabilire, portare ed interrompere le correnti in condizioni ordinarie del circuito.

Un interruttore di manovra non è idoneo ad interrompere correnti di cortocircuito, o di sovraccarico di elevata intensità.

Se l'interruttore possiede anche le caratteristiche di sezionatore viene denominato interruttore di manovra-sezionatore ed è idoneo per svolgere anche la funzione di sezionamento del circuito.

È necessario proteggere dalle sovracorrenti gli interruttori di manovra e gli interruttori di manovra-sezionatori ponendo a monte un dispositivo di protezione indicato dal costruttore.

Altre volte, gli interruttori di manovra-sezionatori sono combinati con fusibili: in tal caso non solo sono autoprotetti dalle sovracorrenti, ma possono svolgere anche la protezione del circuito.

6.7 FUSIBILI

Il fusibile è un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti particolarmente adatto ad interrompere elevate correnti di cortocircuito. I fusibili per bassa tensione sono suddivisi in :

- fusibili per applicazioni domestiche e similari,

- fusibili per applicazioni industriali.

I fusibili per uso domestico e similare possono essere utilizzati anche in applicazioni industriali, ma non viceversa. I fusibili per uso domestico sono soggetti al regime del Marchio di Qualità, non così i fusibili per applicazioni industriali. Rispetto agli interruttori i fusibili hanno il vantaggio di un minor costo e di un elevato potere di interruzione. Per conto, non assicurano l'apertura contemporaneamente di tutte le fasi e l'interruzione di una sola fase, nell'alimentazione dei motori trifasi può provocare dannosi surriscaldamenti. Come noto, si ovvia a questo inconveniente con l'impiego di appropriate protezioni per mancanza di fase inserita negli avviatori. Inoltre la sostituzione del fusibile può risultare pericolosa se si sostituisce la cartuccia con mezzi non idonei.

I fusibili sono contraddistinti da due lettere:

- la prima lettera, "g" oppure "a" si riferisce al campo di interruzione;
- la seconda lettera "G" o "M" designa la categoria di utilizzazione.

La lettera "g" indica che il fusibile è in grado di interrompere, in condizioni specificate, tutte le correnti che provocano la fusione fino al potere di interruzione nominale; in altri termini il fusibile ha un potere di interruzione a tutto campo.

La lettera "a" indica che il fusibile è in grado di interrompere, in condizioni specificate, tutte le correnti comprese fra $k_2 I_n$ e il potere di interruzione nominale, non è invece in grado di interrompere le correnti comprese tra I_n e $k_2 I_n$ (k_2 è in pratica, uguale a 6,3); il fusibile ha quindi un potere di interruzione a campo ridotto.

In definitiva, il fusibile aM è adatto per interrompere elevate correnti mentre deve essere protetto per le correnti di sovraccarico da un relè termico, la cui caratteristica stia al di sotto dei limiti di sovraccaricabilità del fusibile.

Le categorie d'utilizzazione dei fusibili sono due: "G" per uso generale e "M" per la protezione dei motori contro cortocircuito.

In relazione al campo di interruzione e alla categoria di utilizzazione si hanno, in definitiva, i seguenti tipi di fusibile:

- gG cartucce per uso generale, con potere di interruzione a tutto campo;
- gM cartucce per la protezione dei circuiti dei motori, con potere di interruzione a tutto campo;
- aM cartucce per la protezione dei circuiti dei motori, con potere di interruzione a campo ridotto.

6.8 CONTATTORI E AVVIATORI

Il contattore (comunemente chiamato anche teleruttore) è un apparecchio ad azionamento non manuale, previsto per un elevato numero di manovre, capace di stabilire, sopportare e interrompere le correnti di manovra in condizioni ordinarie e di sovraccarico.

L'avviatore è l'associazione di un contattore e di un relè termico per la protezione contro il sovraccarico.

Le più importanti caratteristiche del contattore / avviatore da coordinare con le esigenze impiantistiche sono di seguito indicate.

Corrente nominale di impiego (I_e): è la corrente stabilita dal costruttore in relazione alla tensione nominale, al numero di cicli (apertura/chiusura) all'ora, alla categoria di utilizzazione, alla corrente nominale del relè di sovraccarico, ecc. Ad esempio, lo stesso contattore alla tensione nominale di 400 V, può avere una corrente di impiego $I_e = 20$ A in categoria AC-1, $I_e = 12$ A in categoria AC-3 e $I_e = 4,3$ A in categoria AC-4.

Nell'avviamento diretto di motori singoli, l'indicazione della corrente nominale di impiego del contattore/avviatore può essere sostituita, o completata, con l'indicazione della massima potenza nominale del motore.

Categoria di utilizzazione: indica le applicazioni tipiche nelle quali il contattore/avviatore può essere impiegato; è quindi molto importante, nella scelta della categoria di utilizzazione del contattore, definire bene il tipo di carico che si deve alimentare.

Potere di chiusura e di interruzione nominale (I_c): valori di corrente che il contattore è in grado di stabilire e di interrompere senza subire danneggiamenti; sono espressi come multipli della corrente di impiego I_e in relazione alle categorie di utilizzazione.

Risulta quindi evidente che il contattore non è in grado di chiudere o interrompere una corrente di cortocircuito.

Il contattore, oltre che di contatti di potenza, può essere provvisto anche di contatti ausiliari per eventuali segnalazioni o comandi.

6.9 CONTATTORI PER USO DOMESTICO E SIMILARE

I contattori per uso domestico e similare sono di piccole dimensioni, chiamati anche modulari perché assemblabili con montaggio su barra DIN con gli interruttori automatici di tipo domestico e similare (Norma CEI 23-3), hanno corrente nominale di impiego non superiore a 63 A. Sono utilizzati in genere negli impianti

elettrici di distribuzione in edifici civili, ma possono essere installati anche in impianti di tipo industriale con impiego non gravoso.

6.10 PRESE A SPINA

Negli impianti elettrici, a seconda dei casi specifici, è possibile utilizzare:

- prese a spina per usi industriali (prese CEE);
- prese a spina per uso domestico e similare.

Le prese a spina per uso domestico e similare (monofase) possono essere utilizzate in ambienti industriali, per piccole apparecchiature, dove non sia previsto un servizio gravoso con forti urti o vibrazioni.

Il tipo industriale è comunque necessario per:

- prese a spina monofase 2P+T con corrente nominale superiore a 16 A;
- prese a spina trifase.

Nel collegare le prese trifasi si deve mantenere costante il senso ciclico delle fasi, ad evitare che il motore di un utilizzatore alimentato da prese diverse possa invertire il senso di marcia. Le prese a spina con corrente nominale superiore a 16 A devono essere abbinate ad un interruttore, non necessariamente interbloccato con la presa a spina.

L'interblocco tra prese a spina e interruttore evita pericoli per l'operatore che inserisca la spina in presenza di cortocircuito a valle della spina; tale pericolo può essere reale quando la corrente di cortocircuito supera 5-6 kA ed il circuito non è protetto da fusibili o interruttori limitatori di corrente.

Non c'è alcun obbligo normativo generalizzato di proteggere il circuito di presa a spina con un interruttore differenziale da 30 mA, anche se tale protezione aumenta la sicurezza. Tale obbligo sussiste solo in casi particolari a maggior rischio elettrico, ad esempio nei cantieri edili, nel locale da bagno o per docce, nei campeggi, ecc.

E' bene che le prese siano protette da un interruttore automatico o fusibile, di corrente nominale non superiore alla corrente nominale delle prese stesse: la protezione può essere singola o comune a più prese.

7.0 ILLUMINAZIONE

7.1 GENERALITÀ

Il livello di illuminazione in esercizio (E), raccomandato dalla norma, varia in funzione del tipo di locale e/o di attività svolta.

L'illuminamento è in genere calcolato, e/o misurato, sul piano di lavoro ad una altezza di 0,85 m dal pavimento.

Le lampade fluorescenti lineari sono da preferire per la loro efficienza luminosa, per la maggiore uniformità di illuminamento e per l'accensione pressoché immediata, il che è particolarmente utile dopo una interruzione della tensione di alimentazione.

Le lampade a scarica nel gas (vapori di mercurio, alogenuri metallici, sodio ad alta pressione, ecc.) sono invece preferibili in ambienti molto vasti o con altezze elevate. Si ha per conto lo svantaggio di un'accensione ritardata, che per alcuni tipi di lampade può arrivare a 5-6 min. in occasione di una interruzione anche breve dell'alimentazione, a causa del tempo necessario per il raffreddamento – riscaldamento.

E' quindi consigliabile prevedere comunque una parte di apparecchi di illuminazione con lampade ad accensione immediata, come appunto le fluorescenti lineari, che garantiscono un illuminamento minimo.

In presenza di attività che richiedono illuminamenti diversi, è consigliabile prevedere per tutto l'ambiente il livello di illuminamento più basso e aggiungere un'illuminazione localizzata che permetta di raggiungere il livello di illuminazione richiesto per le attività più critiche.

7.2 CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Per dimensionare l'impianto di illuminazione si possono seguire due metodi semplici, che permettono di calcolare con sufficiente approssimazione la potenza ed il numero di lampade necessarie per ottenere l'illuminazione voluto.

7.2.1 Metodo del flusso totale

Il numero N degli apparecchi di illuminazione, necessari per ottenere l'illuminamento (medio) in esercizio E, vale (apparecchi disposti uniformemente):

$$N = \frac{E \times a \times b}{\text{flusso} \times U \times M}$$

dove :

E illuminamento (medio) in esercizio (lx) ,
 a lunghezza del locale (m) ,
 b larghezza del locale (m) ,
 flusso flusso luminoso emesso dalle lampade di ciascun apparecchio di illuminazione (lm), (valori tabellari),
 M fattore di manutenzione ,
 U fattore di utilizzazione.

Il fattore di manutenzione M rappresenta il rapporto fra l'illuminazione medio in esercizio e l'illuminazione medio di progetto; per le attività con scarso inquinamento in grado di depositarsi sugli apparecchi di illuminazione e sulle pareti dei locali si può considerare $M = 0,8$; se il grado di inquinamento è forte $M = 0,7$; se è molto elevato $M = 0,6$.

Il costruttore degli apparecchi di illuminazione fornisce i valori del fattore di utilizzazione U, in funzione dei fattori di riflessione, del tipo di apparecchio di illuminazione, di lampada e dell'indice del locale (K).

7.2.2 Metodo del flusso totale semplificato

Per un dato locale la potenza complessiva delle lampade P, in watt, per ottenere un determinato illuminato (medio) in esercizio E, in lux, si ricava dalla formula:

$$P = 0,1 \times K_i \times S \times E$$

dove:

S superficie del locale, o della porzione di locale, da illuminare (m²)

K_i coefficiente che rappresenta la potenza, in watt, che deve avere una lampada con una determinata efficienza luminosa per ottenere un illuminamento medio di 10 lx su una superficie di 1 m².

8.0 DISTANZE DI RISPETTO DEI CAVI INTERRATI

I cavi interrati in prossimità di altri cavi o di tubazioni metalliche di servizi (gas, telecomunicazione, ecc.) o di strutture metalliche particolari, come cisterne per depositi di carburante, devono osservare prescrizioni particolari e distanze minime di rispetto.

Per gli attraversamenti di ferrovie, tranvie, filovie, strade statali o provinciali si rinvia alla norma CEI 11-17.

8.1 DISTANZA DAI CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

Nell'incrocio tra cavi di energia e di telecomunicazione direttamente interrati, la distanza deve essere di almeno 0,3 m; il cavo posto superiormente deve essere protetto per la lunghezza di 1 m. La protezione deve essere realizzata con cassetta, oppure in tubo, preferibilmente in acciaio zincato o inossidabile, di spessore almeno 2 mm.

Ove per giustificati motivi tecnici non sia possibile rispettare la distanza minima di 0,3 m la protezione deve essere applicata anche al cavo posto inferiormente, fig. 2.6.

Se uno dei due cavi è posto entro tubazione ed è possibile sostituire il cavo senza effettuare scavi (cavo sfilabile), non è necessario rispettare le prescrizioni di cui sopra.

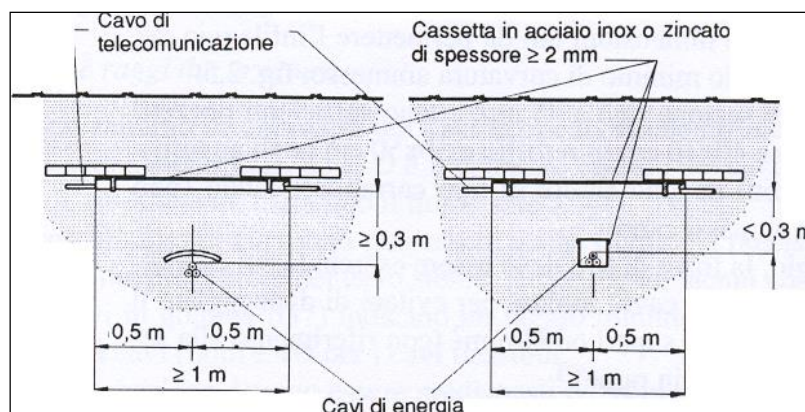


Fig. 2.6 - Incrocio tra cavi energia e cavi di telecomunicazione

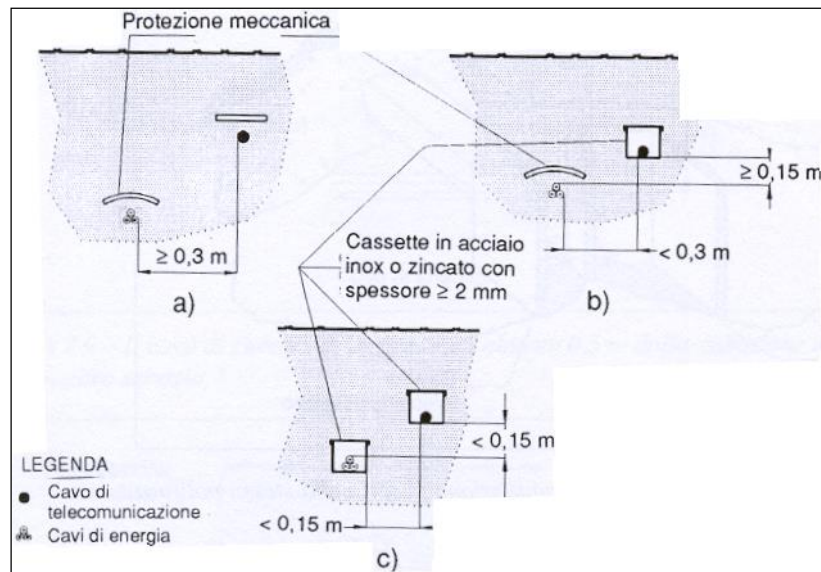


Fig. 2.7- Parallelismi tra cavi di energia e cavi di telecomunicazione direttamente interrati:

- a) la distanza minima in pianta fra cavi di energia e cavi di telecomunicazione deve essere almeno 0,3 m;
- b) se la distanza è inferiore a 0,3 m, ma la differenza di quota è superiore a 0,15 m, occorre proteggere il cavo superiore con una cassetta metallica;
- c) se la differenza di quota è inferiore a 0,15 m la protezione va estesa ad entrambi i cavi.

Nei parallelismi tra cavi di energia e di telecomunicazione, la distanza in pianta deve essere almeno 0,3 m. Quando non è possibile rispettare questa distanza, occorre installare una protezione supplementare (tubo o cassetta metallici) sul cavo a quota superiore; se la distanza è inferiore a 0,15 m, la protezione va installata su entrambi i cavi, fig. 2.7.

Cavi di energia e di telecomunicazione possono essere posati in fori separati della medesima polifora, ma devono far capo a pozzetti indipendenti o ad uno stesso pozzetto provvisto di setti separatori, fig. 2.8.

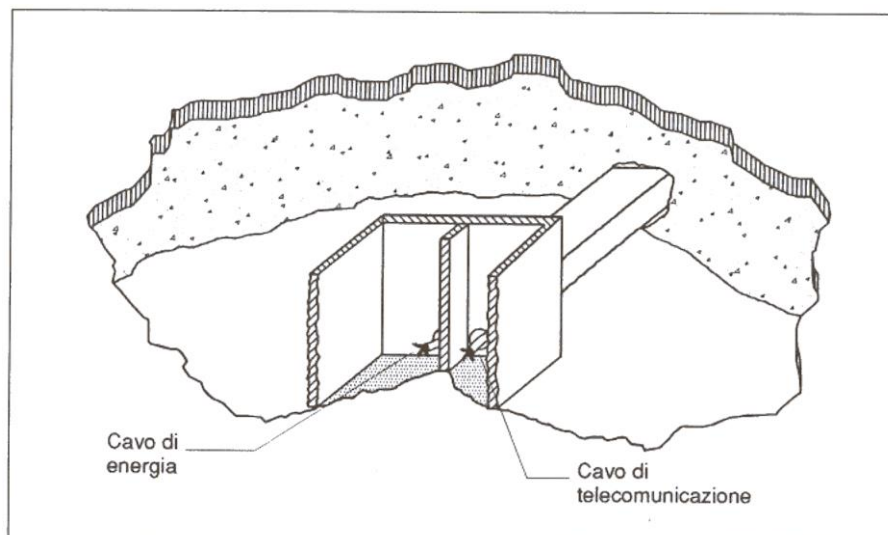


Fig. 2.8 - Cavi di energia e di telecomunicazione posati nella stessa poli/ora facenti capo a un unico pozzetto con setto separatore.

9.0 CARATTERISTICHE INSTALLAZIONI

9.1 SCATOLE DI DERIVAZIONE

Le scatole di derivazione per posa ad incasso o a vista saranno autoestinguenti e dotate di coperchio infrangibile fissato saldamente a mezzo di viti, che dovranno essere trattate contro la ruggine. È buona norma che i cavi e le giunzioni, posti all'interno delle cassette non occupino più del 50% del volume interno della cassetta stessa.

Il grado minimo di protezione delle scatole è pari a IPXXB, per ambienti normali, salvo prescrizioni diverse di progetto. Le cassette di derivazione devono essere installate in modo da risultare sempre facilmente accessibili ed ispezionabili. Le scatole portafrutto dovranno essere complete di supporti e telaio in materiale isolante, completate da apposita placca isolante o in alluminio, le eventuali scatole di derivazione metalliche devono essere sempre collegate francamente a terra.

Le connessioni (giunzioni o derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti, senza ridurre la sezione dei conduttori e senza lasciare parti conduttrici scoperte. Le connessioni sono vietate entro i tubi; sono invece ammesse nei canali e nelle passerelle, purché le parti in tensione (attive) siano inaccessibili al dito di prova (grado di protezione almeno IPXXB); inoltre le giunzioni devono unire cavi delle stesse caratteristiche e dello stesso colore.

Si raccomanda di non eseguire giunzioni entro le scatole (portafrutto).

9.2 TUBAZIONI, CANALI E PASSERELLE

9.2.1 Tubazioni

Generalità

I sistemi di distribuzione dei cavi mediante tubi offrono un'ampia gamma e varietà di soluzioni, con una molteplicità di applicazioni, sia a vista che incassate, realizzate in materiali isolanti, metallici o composti, con la possibilità di coprire estensivamente soluzioni differenziate ed esigenze meccaniche, elettriche e ambientali diverse.

La caratteristica discriminante, a livello normativo, è il comportamento del prodotto alla piegatura o ad una specifica situazione installativa nel caso di tubazioni da interrare. Si avranno quindi sistemi di tubi rigidi, pieghevoli o flessibile, per posa a vista, sottotraccia od interrata.

I tubi protettivi in materiale isolante, pieghevoli, flessibili o rigidi, possono essere di tipo leggero o di tipo pesante.

I tubi di tipo leggero possono essere utilizzati sottotraccia, a parete o a soffitto. I tubi di tipo pesante devono essere utilizzati per la posa a vista fino a 2,5 m di altezza e per la posa sottopavimento.

I tubi metallici si utilizzano quando è necessario proteggere le condutture da violenti urti.

In ogni caso per le tubazioni rigide si deve impiegare la relativa raccorderia di collegamento al fine di mantenere il grado di protezione, prescritto per i luoghi in cui vengono posate.

La tubazione deve essere scelta di diametro idoneo, tale calcolo dovrà essere fatto tenendo conto di un fattore di stipamento pari a 0,6, esso è dato dal rapporto tra la sezione circoscritta che comprende tutti i cavi, o conduttori, e la sezione interna della tubazione medesima. In ogni caso il diametro esterno delle medesime non deve essere inferiore a 16 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 eseguite con raccordi o con piegamenti a 90°, in modo tale che non sia danneggiata la tubazione e non sia pregiudicata la sfilabilità dei cavi.

Ad ogni brusca deviazione del percorso, resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale e/o secondaria e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta da apposite cassette di derivazione.

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni devono essere disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazioni a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc.

Le tubazioni metalliche possono essere utilizzate sia per la posa di conduttori ad isolamento singolo che doppio. Nel caso di condutture non di classe II, la tubazione metallica andrà però collegata a terra.

Sistemi di tubazioni

I sistemi di tubi rigidi sono particolarmente adatti all'installazione in vista, senza che siano necessari lavori di tipo edilizio per l'esecuzione degli impianti.

I tubi pieghevoli sono tubi che possono essere piegati a mano con una forza limitata e che nel corso della loro utilizzazione non devono subire continue piegature; sono normalmente in materiale isolante e sono corrugati longitudinalmente; sono particolarmente adatti per la posa sottopavimento o per essere inseriti in apposite scanalature ricavate nei muri, ma vanno ugualmente bene per la posa in controsoffittature o in

pannelli; sono leggeri e pieghevoli ma allo stesso tempo resistenti agli schiacciamenti ed agli urti, alla pari dei tubi rigidi, che sono però di peso e di costo più elevato.

I tubi pieghevoli si possono posare in lunghe tratte senza giunzioni, le quali comporterebbero il rischio di ingresso di corpi solidi o di liquidi che possono pregiudicare il successivo infilaggio dei cavi. Al fine di agevolare tale operazione, possono essere utilizzati anche tubi con tirafilo inserito.

I tubi flessibili possono essere facilmente piegati a mano e sono destinati ad essere frequentemente piegati durante l'impiego; sono normalmente adoperati sulle macchine utensili per alimentare parti mobili, ma spesso vengono impiegati per connettere tubi rigidi fissati alle pareti a particolari apparecchi (caldaie, quadri elettrici, etc.) o per superare particolari ostacoli nelle installazioni fisse.

In questa particolare applicazione non sono ammessi tubi con caratteristiche di resistenza allo schiacciamento inferiori a 320 N. (Classificazione 2)

I tubi flessibili possono essere metallici, isolanti o costituiti da una combinazione dei due materiali. Anche gli accessori che compongono il sistema possono essere realizzati in materiale metallico o isolante.

I sistemi di tubi interrati sono generalmente destinati alla posa per installazioni elettriche o per telecomunicazioni. Sono di due tipologie diverse: cavidotti rigidi in barre rettilinee, normalmente dotati di un bicchiere ad una estremità e cavidotti corrugati, talvolta costituiti da una doppia parete. Per effetto della loro flessibilità e lunghezza, i cavidotti corrugati si prestano a coprire lunghe tratte, semplificando la posa perché seguono le asperità del terreno. La Norma distingue i tubi da interrare in relazione alla resistenza alla compressione in :tubi tipo 250; tubi tipo 450; tubi tipo 750.

Questi numeri indicano la forza minima in Newton con cui i tubi vengono provati (il tubo non deve subire uno schiacciamento superiore al 5% del diametro). Secondo la Norma i tubi tipo 450 e tipo 750 possono essere interrati anche a meno di 50 cm senza precauzioni aggiuntive (lastra o tegolo), mentre i tubi tipo 250 devono essere installati con precauzioni aggiuntive come definito nelle relative regole nazionali.

Per ogni tipologia si possono utilizzare accessori "ad innesto rapido" che semplificano l'accoppiamento con le tubazioni, garantendo nel contempo maggiore sicurezza e la possibilità di realizzare impianti con elevato grado di protezione (IP).

Codici di classificazione

Per l'identificazione dei prodotti, sono stati introdotti dei codici numerici di classificazione che identificano perfettamente le caratteristiche dei vari prodotti.

Il codice consta di 12 cifre, ognuna relativa ad una caratteristica specifica. Tali cifre vanno indicate nella sequenza prevista dalla tabella A della norma (di seguito riportata, affinché la corrispondenza fra il codice e la grandezza a cui esso si riferisce, sia univoca. Si indica con X una grandezza non precisata.

1 ^a cifra:	resistenza allo schiacciamento.
2 ^a cifra:	resistenza all'urto.
3 ^a cifra:	temperatura minima di utilizzo
4 ^a cifra:	temperatura massima di utilizzo
5 ^a cifra:	resistenza alla piegatura
6 ^a cifra:	proprietà elettriche
7 ^a cifra:	grado IP – resistenza alla penetrazione di corpi solidi.
8 ^a cifra:	grado IP – resistenza alla penetrazione dell'acqua.
9 ^a cifra:	resistenza alla corrosione.
10 ^a cifra:	resistenza alla trazione.
11 ^a cifra:	resistenza alla propagazione della fiamma.
12 ^a cifra:	resistenza al carico sospeso.

Tabella A – Sequenza obbligatoria dei codici di classificazione.

Nel caso in cui il produttore voglia utilizzare tale codifica per identificare il prodotto, deve essere apposte almeno le prime 4 cifre, che identificano rispettivamente la resistenza allo schiacciamento, la resistenza all'urto, la temperatura minima e la temperatura massima di utilizzo in regime permanente.

Codici di classificazione per i sistemi di tubi ed accessori CEI EN 50086-1

Classificazione	Tubo e accessori	Forza di schiacciamento (N) + 4 % - 0 %
1	Molto leggero	125
2	Leggero	320
3	Medio	750
4	Pesante	1250
5	Molto pesante	4000

Prima cifra – Resistenza allo schiacciamento

Classificazione	Tubo e accessori	Massa del martello (kg) + 1 % - 0 %	Altezza di caduta (mm) ± 1 %
1	Molto leggero	0.5	100
2	Leggero	1.0	100
3	Medio	2.0	100
4	Pesante	2.0	300
5	Molto pesante	6.8	300

Seconda cifra – Resistenza all'urto

Classificazione	Trasporto, utilizzo in regime permanente e installazione non inferiore a °C
1	+ 5
2	- 5
3	- 15
4	- 25
5	- 45

Terza cifra – Temperatura minima di applicazione permanente e di installazione

Classificazione	Utilizzo in regime permanente e installazione non superiore a °C
1	+ 60
2	+ 90
3	+ 105
4	+ 120
5	+ 150
6	+ 250
7	+ 400

Quarta cifra – Temperatura massima di applicazione permanente e di installazione

Classificazione	Tubi
1	Rigido
2	Pieghevole
3	Pieghevole / Autorinveniente
4	Flessibile

Quinta cifra – Resistenza alla flessione (piegatura)

Classificazione	Proprietà
0	Non dichiarate
1	Con caratteristiche di continuità elettrica
2	Con caratteristiche di isolamento elettrico
3	Con caratteristiche di isolamento e di continuità elettrica

Sesta cifra – Proprietà elettriche

Classificazione	Proprietà
3	Protetto contro l'ingresso di corpi solidi di diametro superiore o uguale a 2,5 mm
4	Protetto contro l'ingresso di corpi solidi di diametro superiore o uguale a 1,0 mm
5	Protetto contro la polvere
6	Stagno alla polvere

Settima cifra – Resistenza alla penetrazione di corpi solidi(*)

Classificazione	Proprietà
0	Non dichiarata (non protetto)
1	Protetto contro le gocce d'acqua che cadono verticalmente
2	Protetto contro le gocce di acqua che cadono verticalmente quando il sistema di tubi ed accessori è inclinato fino a 15°
3	Protetto contro gli spruzzi d'acqua
4	Protetto contro gli schizzi d'acqua
5	Protetto contro i getti d'acqua
6	Protetti contro i getti d'acqua potenti
7	Protetto contro gli effetti di un'immersione temporanea in acqua

Ottava cifra – Resistenza alla penetrazione dell'acqua(*)

(*) La settima e ottava cifra sulla resistenza alla penetrazione di corpi solidi e dell'acqua, riprendono la classificazione dei gradi di protezione IP con significato analogo.

Classificazione	Protezione	Esempio
1	Debole, interna ed esterna	Pittura di prima mano
2	Media, interna ed esterna	Smaltatura al forno Elettrozincatura Pittura con asciugatura ad aria
3	Interna, media Esterna, alta	Smaltatura al forno Sherardizzazione
4	Alta, interna ed esterna	Zincatura a bagno caldo Sherardizzazione Acciaio inossidabile

Nona cifra – Resistenza alla corrosione

Classificazione	Tubo e accessori	Forza di trazione (N) + 2 % - 0 %
0	Non dichiarata	-
1	Molto leggero	100
2	Leggero	250
3	Medio	500
4	Pesante	1000
5	Molto pesante	2500

Decima cifra – Resistenza alla trazione

Classificazione	Tubo e accessori	
1	Non propagante la fiamma	Autoestinguente entro 30 s
2	Propagante la fiamma	Non autoestinguente entro 30 s

Undicesima cifra – Resistenza alla propagazione della fiamma

Classificazione	Tubo e accessori	Carico (N) + 2 % - 0 %	Durata (h) + 15 min - 0 min
0	Non dichiarato	-	-
1	Molto leggero	20,0	48
2	Leggero	30,0	48
3	Medio	150,0	48
4	Pesante	450,0	48
5	Molto pesante	850,0	48

Dodicesima cifra – Resistenza al carico sospeso

9.2.2 Passerelle

Le passerelle sono simili (servono per portare i cavi), ma al contempo diverse, dai canali.

Se il cavo è appoggiato su elementi discontinui (come in una scala) si parla di passerella a traversini.

Se il cavo poggia su un supporto continuo, si parla di passerella a fondo continuo.

Il fondo continuo, a sua volta, può essere:

- Pieno,
- Perforato,
- A rete.

Le passerelle si differenziano dai canali per la separazione che garantiscono rispetto all'ambiente circostante; il canale ha un grado di protezione almeno IP2X (CEI EN 50085), mentre la passerella non ha alcun grado di protezione (IP00).

Questa diversa protezione fa sì che sulle passerelle sia consentita solo la posa di cavi con guaina (cavi multipolari o unipolari con guaina), non consentendo la posa di cavi unipolari senza guaina (cordine). La norma sulle passerelle (CEI 23-76) impone tuttavia, come per i canali, l'assenza di asperità o spigoli vivi che possano danneggiare i cavi. In proposito, vale la pena ricordare che la norma CEI 64-8, ammette la posa di cavi unipolari senza guaina in un canale senza coperchio, se installato fuori dalla portata di mano e dove il rischio di sollecitazioni meccaniche è trascurabile. Per coerenza, su una passerella in condizioni analoghe potrebbero essere ammessi cavi unipolari senza guaina. In altri termini, si può affermare che un canale senza coperchio è equivalente ad una passerella a fondo continuo pieno.

Un punto critico delle passerelle metalliche (come dei canali) è la continuità elettrica tra i vari pezzi che compongono il sistema.

Il costruttore ha la facoltà di dichiarare la continuità elettrica della passerella (una volta montata secondo le istruzioni del costruttore stesso).

Se la continuità elettrica non è garantita, è bene non installare quel tipo di passerella, al fine di evitare di eseguire una miriade di cavallotti per garantire nell'installazione la continuità mancante.

Se la continuità elettrica della passerella è garantita dal costruttore, vuol dire che la resistenza di un metro di passerella, misurata con 25 A erogati da una sorgente con tensione a vuoto di 12 V, non supera 5 mΩ; in corrispondenza di una giunzione la resistenza non deve superare 50 mΩ.

In questo modo, il collegamento a terra della passerella in uno o più punti è sufficiente per mettere a terra tutta la massa della passerella.

Vale la pena di ricordare che la messa a terra della passerella non è richiesta se, come in genere accade, i cavi sono di classe II, (a tal proposito si ricorda che per essere di classe II non è sufficiente che il cavo abbia la guaina; deve avere anche un isolamento di un gradino maggiore di quello necessario per il sistema elettrico servito).

La passerella potrebbe anche essere utilizzata come conduttore di protezione, in tal caso la passerella dovrebbe avere le caratteristiche richieste al conduttore di protezione e resistere ai relativi sforzi elettrodinamici.

La passerella è destinata a portare un numero di cavi non trascurabile e dunque deve essere sufficientemente resistente. A tal fine il costruttore deve dichiarare il carico massimo che può essere applicato senza pericolo nell'uso ordinario (SWL: safe working load), espresso in newton al metro.

Nel carico massimo non è previsto il peso di una persona poiché, come dice la norma, le passerelle non sono destinate a essere usate "per il passaggio di persone".

9.3 CAVI E CONDUTTORI

Tutti i cavi dovranno essere delle primarie Marche e di tipo "non propagante l'incendio", ad anima flessibile, adatti per il tipo di posa richiesto. Tutti i conduttori ed i cavi in partenza dal quadro elettrico e nelle cassette di derivazione devono essere facilmente identificabili. L'entrata dei cavi nei quadri elettrici deve essere eseguita in modo tale da non pregiudicare il grado di protezione degli stessi, se necessario bisogna adoperare appositi pressacavi. I cavi devono essere scelti in funzione del tipo di posa.

9.3.1 Tipi di cavi

In linea di principio, i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiori a 450/750V, simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore; la scelta per i circuiti di energia può essere fatta fra i seguenti tipi di cavi (conduttori in rame).

Posa all'interno e all'esterno (non interrata):

- H07V-K cavo unipolare senza guaina, isolato in PVC (non propagante la fiamma);
- N07V-K cavo unipolare senza guaina, isolato in PVC (non propagante l'incendio);
- FROR 450/750 V cavo multipolare con isolamento a guaina in PVC (non propagante l'incendio).

Posa all'interno e all'esterno (anche interrata):

- FG7OR 0,6/1 kV cavo multipolare, isolato in gomma di qualità G7, con guaina in PVC (non propagante incendio);
- FG7R 0,6/1 kV cavo unipolare, isolato in gomma di qualità G7, con guaina in PVC (non propagante l'incendio);
- N1VV-K cavo unipolare o multipolare con isolamento e guaina in PVC (non propagante l'incendio).

La scelta dei cavi per i circuiti di comando e segnalazione può essere fatta, oltre che fra quelli su indicati, idonei per i circuiti di energia, tra i seguenti tipi di cavi (conduttori in rame):

- H05V-K cavo unipolare in PVC;
- H05RN-F cavo multipolare flessibile isolato in gomma, con guaina in policloroprene;
- FROR 300/500V cavo multipolare isolato in PVC e con guaina in PVC.

9.3.2 Colori distintivi

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712.

In particolare, si deve utilizzare il bicolore giallo/verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali, il colore blu chiaro per il conduttore di neutro.

In assenza del conduttore di neutro, l'anima di colore blu chiaro dei cavi multipolari può essere utilizzata come conduttore di fase.

La norma non richiede colori particolari per i conduttori di fase.

Per gli eventuali circuiti SELV (bassissima tensione di sicurezza), è bene utilizzare cavi di colore diverso dagli altri circuiti.

9.3.3 Scelta della sezione del cavo e protezione contro il sovraccarico

La corrente che fluisce in condizioni ordinarie in un circuito è denominata corrente di impiego I_B .

Una volta nota la corrente d'impiego I_B del circuito, scelto il tipo di cavo e le condizioni di posa, si deve scegliere la sezione del cavo in modo che la sua portata I_Z sia almeno uguale alla corrente d'impiego I_B del circuito ($I_Z \geq I_B$).

Nello scegliere la sezione del cavo è opportuno scegliere anche la corrente nominale I_n dell'interruttore di protezione contro il sovraccarico, perché deve essere soddisfatta la nota relazione:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Qualora si dovesse utilizzare fusibili di tipo generale gG, oltre a soddisfare la condizione $I_B \leq I_n$, la corrente nominale I_n del fusibile deve soddisfare la relazione $I_n \leq 0,9 I_Z$, per tenere conto delle caratteristiche di intervento dei fusibili, diverse da quella degli interruttori automatici.

La sezione del cavo va commisurata anche alla lunghezza del circuito in modo che la caduta di tensione fra il punto di consegna dell'energia (contatore) e un qualsiasi punto dell'impianto non superi il 4% della tensione nominale di alimentazione.

In genere, si assegna una caduta di tensione dell'1% all'eventuale colonna montante e il rimanente 3% all'impianto di distribuzione dal quadro principale alle prese o agli apparecchi utilizzatori.

Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti 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 e per apparecchi con potenza unitaria o uguale a 1,0 kW;
- 2,5 mm² per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza nominale superiore a 2,0 kW;

9.3.4 Protezione contro il cortocircuito

Un interruttore automatico idoneo per la protezione contro il sovraccarico di un cavo è generalmente idoneo anche per la protezione contro il cortocircuito, se ha un potere di interruzione, o un potere di cortocircuito, almeno pari alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.

Tuttavia, quando la corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione è superiore a 10 kA, per garantire la protezione contro le sollecitazioni termiche del cavo per un cortocircuito all'inizio della linea, è necessario adottare cavi di sezione almeno 2,5 mm².

Per maggiore sicurezza e per evitare il calcolo della lunghezza massima del circuito protetto è consigliabile proteggere tutti i circuiti contro il sovraccarico, anche quando non è strettamente necessario, come ad esempio per il circuito luce.

Un fusibile scelto per la protezione contro il sovraccarico è anche adatto contro il cortocircuito, purché abbia il potere d'interruzione almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto d'installazione; tale condizione è facilmente soddisfatta, perché i fusibili hanno un elevato potere d'interruzione.

9.3.5 Sezione e protezione del conduttore di neutro

Il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase: nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori, nei circuiti trifasi quando la sezione è inferiore o uguale a 16 mm².

Nei circuiti trifasi con conduttori di fase (in rame) di sezione superiore a 16 mm² il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, con un minimo di 16 mm², purché i carichi siano sostanzialmente equilibrati.

Se i carichi alimentati producono correnti armoniche significative il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione di quella di fase, anche se i carichi sono equilibrati.

Nei circuiti fase-neutro l'interruttore automatico può avere un solo polo protetto contro le sovracorrenti, ma in tal caso deve essere inserito sul conduttore di fase. Ciò vale anche per i circuiti fase-fase purché siano protetti anche da un interruttore differenziale.

Nei sistemi trifasi, quando il conduttore di neutro è di sezione uguale a quella delle fasi, oppure quando ha sezione inferiore a quella delle fasi ma il carico è sostanzialmente equilibrato, il polo di neutro dell'interruttore quadripolare può non essere protetto.

Il carico è sostanzialmente equilibrato quando la somma delle potenze assorbite dagli apparecchi utilizzatori monofase (illuminazione, prese a spina, ecc.) è molto inferiore rispetto alla potenza totale, cioè la corrente che percorre il conduttore di neutro nelle condizioni di massimo squilibrio è minore della sua portata. Se occasionalmente la corrente di squilibrio può superare la portata del conduttore di neutro e questo è di sezione inferiore a quella delle fasi, occorre un interruttore quadripolare con lo sganciatore sul neutro di corrente inferiore a quella delle fasi; in alternativa, si deve utilizzare per il conduttore di neutro la stessa sezione dei conduttori di fase.

9.3.6 Sezione dei conduttori di terra e protezione

La sezione dei conduttori di terra e di protezione 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 e l'apparecchio	Conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo e infilato nello stesso tubo del conduttore di fase	Conduttore di protezione non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase
minore o uguale a 16 mm ²	sezione del conduttore di fase	2.5 mm ² se protetto meccanicamente, 4 mm ² se non protetto meccanicamente
maggiore di 16 mm ² e minore o uguale a 35 mm ²	16 mm ²	16 mm ²
maggiore di 35 mm ²	metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme	Metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme

9.4 PUNTI LUCE

E' possibile la realizzazione di diverse tipologie di punti luce, di tipo incassato per impianti sottotraccia e di tipo a vista.

Il tipo sottotraccia viene realizzato nelle zone classificabili come impianti elettrici di tipo civile e prevede la posa di tubazioni in PVC pesante I.M.Q. da incasso, serie leggera o pesante, rispettivamente se a soffitto o a pavimento, di diametro minimo 16 mm., atta a contenere conduttori flessibili N07V-K. Detti conduttori, nella loro parte terminale lato utenza, devono essere dotati di morsetti isolanti di derivazione al fine di garantire una protezione contro i contatti.

Il tipo a vista viene realizzato con tubazioni rigide in PVC pesante I.M.Q., completi di raccorderia necessaria per mantenere il grado di protezione richiesto come indicato sullo schema elettrico planimetrico, i conduttori saranno di tipo come sopra esposto.

Per l'esterno i punti luce devono essere eseguiti con cavo a doppio isolamento, o sistema similare, di sezione come descritto nello schema elettrico dei quadri da cui sono derivati.

10.0 CARATTERISTICHE DELLE PROTEZIONI

10.1 CONTRO I CONTATTI DIRETTI

10.1.1 Protezione totale

Le misure di protezione totali consistono nell'isolamento delle parti attive e nell'uso di involucri o barriere. Le parti attive devono essere ricoperte completamente da uno strato di isolante avente spessore adeguato alla tensione nominale verso terra del sistema elettrico ed essere resistenti agli sforzi meccanici, elettrici, termici e alle alterazioni chimiche cui può essere sottoposto durante il funzionamento.

Vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono considerati idonei a garantire una adeguata protezione contro i contatti diretti.

L'involucro garantisce la protezione dai contatti diretti quando esistono parti attive (ad es. morsetti elettrici) che devono essere accessibili e quindi non possono essere completamente isolate.

La barriera è un elemento che impedisce il contatto diretto nella direzione normale di accesso.

Questi sistemi di protezione assicurano un certo grado di protezione contro la penetrazione di solidi e di liquidi. Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati, rimovibili solo con attrezzi, apribili da personale addestrato oppure solo se l'accesso alle parti attive è possibile dopo avere aperto il dispositivo di sezionamento con interblocco meccanico o elettrico. In ogni caso il personale addestrato deve di regola sezionare il circuito prima di operare su parti attive o nelle loro vicinanze.

L'interruttore differenziale con corrente nominale d'intervento non superiore a 30mA è riconosciuto come protezione addizionale (non è riconosciuto come unico mezzo di protezione) contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione o di incuria da parte degli utenti.

10.1.2 Gradi di protezione

Per identificare il grado di protezione, convenzionalmente in sede IEC si è adottato un codice composto dalle lettere IP seguite da due cifre ed eventualmente da una terza lettera addizionale (tab. A e B) la prima cifra indica il grado di protezione contro i corpi estranei e contro i contatti diretti, la seconda contro la penetrazione di liquidi mentre la lettera addizionale (deve essere usata solo se la protezione contro l'accesso è superiore a quella definita con la prima cifra caratteristica) ha lo scopo di designare il livello di inaccessibilità dell'involucro alle dita o alla mano, oppure ad oggetti impugnati da una persona. Deve essere assicurato almeno il grado di protezione IPXXB (si possono avere aperture più grandi per permettere la sostituzione di parti, come ad esempio alcuni porta lampade e fusibili, purché in accordo con le relative norme) e il grado di protezione IPXXD per le superfici orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano (a portata di mano sono da intendere le pari conduttrici poste nel volume che si estende attorno al piano di calpestio, normalmente occupato o percorso da persone, delimitato dalla superficie che una persona può raggiungere con la mano estendendo completamente il braccio senza l'uso di mezzi ausiliari). Nelle successive tabelle 8 e 9 sono riassunti i gradi di protezione contro i corpi estranei e contro i liquidi stabiliti dalle Norme.

<i>Grado di protezione</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
1	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm e contro l'accesso a parti pericolose col dorso della mano. Una sfera di Ø 50 mm non deve poter passare attraverso l'involucro e/o entrare in contatto con parti attive o in movimento.
2	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm e contro l'accesso a parti pericolose con un dito. Il cosiddetto dito di prova non deve entrare in contatto con parti attive o in movimento. Inoltre una sfera di Ø 12 mm non deve poter passare attraverso l'involucro.
3	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm e contro l'accesso a parti pericolose con un attrezzo (ad es. cacciavite). Un filo di Ø 2,5 mm non deve poter passare attraverso l'involucro.
4	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1,0 mm. Un filo di Ø 1,0 mm non deve poter passare attraverso l'involucro.
5	Con l'apparecchiatura in una camera a polvere di talco in sospensione, si deve verificare che la quantità di polvere che entra nell'apparecchiatura stessa non superi un certo quantitativo.
6	Con l'apparecchiatura in una camera a polvere di talco in sospensione, si deve verificare che la quantità di polvere che entra nell'apparecchiatura stessa sia nulla.

Tab. 8 - Grado di protezione contro corpi estranei

<i>Grado di protezione</i>	<i>Prova di validazione della protezione</i>
1	L'apparecchiatura deve essere protetta contro la caduta di gocce in verticale.
2	L'apparecchiatura deve essere protetta contro la caduta di gocce con una angolazione massima di 15 gradi.
3	L'apparecchiatura deve essere protetta contro la pioggia.
4	L'apparecchiatura deve essere protetta contro gli spruzzi.
5	L'apparecchiatura deve essere protetta contro i getti d'acqua.
6	L'apparecchiatura deve essere protetta contro le ondate.
7	L'apparecchiatura deve essere protetta contro l'immersione.
8	L'apparecchiatura deve essere protetta contro l'immersione a tempo indefinito e a profondità specificata.

Tab. 9 - Grado di protezione contro i liquidi

10.1.3 Protezione parziale

Le misure di protezione parziale si ottengono mediante ostacoli e mediante allontanamento. Hanno il compito di proteggere dai contatti accidentali e di realizzare l'allontanamento di parti a tensione diversa simultaneamente accessibili (Le norme CEI 64-8 considerano parti simultaneamente accessibili quelle che si trovano a distanza inferiore a 2,5 m sia in verticale che in orizzontale e che quindi non possono convenzionalmente essere toccate contemporaneamente da una persona) ma non hanno efficacia verso i contatti intenzionali. Sono destinate solo alla protezione di personale addestrato e vengono applicate nelle officine elettriche. Non devono poter essere rimosse accidentalmente, ma la rimozione intenzionale deve poter avvenire senza chiave o attrezzo.

10.2 CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

10.2.1 Classificazione dei componenti e degli apparecchi elettrici

In relazione a sistema di protezione adottato contro i contatti indiretti, i componenti elettrici si suddividono in:

Componente elettrico di classe 0

Componente elettrico dotato di isolamento principale e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione; nel caso di guasto di isolamento principale, la protezione rimane affidata alle caratteristiche dell'ambiente in cui è posto il componente elettrico;

Componente elettrico di classe I

Componente elettrico dotato di isolamento principale e provvisto di un dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione;

Componente elettrico di classe II

Componente elettrico dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento a un conduttore di protezione;

Nota Sono ammessi morsetti per conduttori di protezione passanti.

Componente elettrico di classe III

Componente elettrico ad isolamento ridotto perché destinato ad essere alimentato esclusivamente da un sistema a bassissima tensione di sicurezza, e nel quale non si generano tensioni di valore superiore a quello di tale sistema.

Nota: I criteri di classificazione dei componenti elettrici secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti sono specificati nelle rispettive Norme.

In relazione al loro grado di mobilità, gli apparecchi si classificano in:

Apparecchio fisso

Apparecchio ancorato o fissato ad un supporto o comunque fissato, anche in altro modo, in un posto preciso, oppure apparecchio che non può essere facilmente spostato;

Apparecchio trasportabile

Apparecchio che, pur potendo essere spostato con facilità, non viene normalmente spostato durante il suo funzionamento ordinario;

Apparecchio mobile

Apparecchio trasportabile che deve essere spostato manualmente da chi lo utilizza mentre è collegato al circuito di alimentazione;

Apparecchio portatile

Apparecchio mobile destinato ad essere sorretto dalla mano di chi lo utilizza durante il suo impiego normale, nel quale il motore, se esiste, è parte integrante;

10.2.2 Sistemi TT

Per i sistemi di categoria "Ia", senza propria cabina elettrica di trasformazione, ovvero sistema "TT", la protezione contro i contatti indiretti deve essere attuata mediante l'impianto di terra locale, inoltre bisogna adottare l'impiego di interruttori differenziali ad alta sensibilità che agiscono mediante l'interruzione automatica del circuito protetto, oppure si può operare installando apparecchiature elettriche a doppio isolamento.

Le masse metalliche dell'impianto elettrico utilizzatore devono essere collegate all'impianto di terra locale con apposito conduttore di protezione. Le masse estranee all'impianto elettrico devono anch'esse essere collegate all'impianto di terra locale mediante conduttori equipotenziali principali. Il conduttore di protezione deve essere separato dal conduttore di neutro distribuito nell'impianto.

Tutte le prese a spina di apparecchi utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante collegamento a terra delle masse, devono avere il polo di terra collegato al conduttore di protezione. La protezione deve essere coordinata con il valore della resistenza dell'impianto di terra locale, che deve essere unico per tutto l'impianto, in modo da assicurare l'interruzione del circuito guasto, se la tensione di contatto assume valori pericolosi. Tale condizione si ritiene soddisfatta con l'applicazione della formula:

$$R_t \leq 50V / I_g$$

dove:

- R_t è il valore della resistenza totale di terra e dei conduttori di protezione, in ohm, nelle condizioni più sfavorevoli;
 I_g è il valore, in ampere, della corrente di intervento in 5 secondi per gli interruttori magnetotermici o per i fusibili o in 1 secondo per gli interruttori differenziali; se l'impianto comprende più derivazioni protette da dispositivi con corrente di intervento diverse, si deve considerare la corrente di intervento più elevata.

In un sistema TT la tensione totale assunta da una massa a causa di un guasto verso terra deve essere eliminata in un tempo inferiore a quello previsto dalla curva di sicurezza rispettando condizioni sopra descritte. Risulta perciò evidente che una persona è protetta per le condizioni più sfavorevoli, compreso il contatto tra una massa e una massa estranea anche quando manca il collegamento equipotenziale. E' comunque buona norma effettuare i collegamenti equipotenziali (tubazioni dell'acqua, del gas, riscaldamento, armature di ferro delle fondazioni in cemento armato degli edifici ecc..) perché diminuisce la resistenza di terra dell'impianto (la massa estranea funge da dispersore e quindi si riduce la tensione totale e si riducono le tensioni di contatto tra una massa e il terreno), si riducono le tensioni di contatto tra una massa e una massa estranea perché diventano equipotenziali e si riducono i rischi per le persone nel caso in cui dovessero venire meno le condizioni di rispetto delle relazioni oppure (ad esempio a causa di un mal funzionamento dei dispositivi di protezione oppure di mutamenti stagionali della resistenza di terra). A favore dei collegamenti equipotenziali resta infine da considerare che la curva di sicurezza si basa su dati statistici della resistenza del corpo umano e che quindi potrebbe risultare non sufficiente per la sicurezza di tutte le persone. Durante un guasto d'isolamento, essendo trascurabile la caduta di tensione sui conduttori di protezione, tutte le masse si trovano allo stesso potenziale. Per portare allo stesso potenziale tutte le masse e una massa estranea (ad esempio tubazione idrica entrante in uno stabile) è sufficiente effettuare un collegamento equipotenziale in prossimità della parte disperdente della massa estranea (radice) trascurando tutta la restante parte che non è in contatto col terreno (ad esempio tubazione idrica annegata nella muratura). Se le parti disperdenti della massa estranea fossero più di una, cioè se le radici fossero più di una, il collegamento deve essere ripetuto in corrispondenza di ciascuna di esse.

10.3 CONTRO I SOVRACCARICHI E I CORTOCIRCUITI

La norma CEI 64-8 dà le indicazioni e le prescrizioni tecniche per operare affinché i conduttori siano protetti contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti. La protezione contro i sovraccarichi può essere prevista:

1. all'inizio della condotta;
2. alla fine della condotta;
3. in un punto qualsiasi della condotta.

Per le condizioni 2 e 3 si deve accertare che non vi siano né derivazioni, né prese a spina poste a monte della protezione e che la condotta risulti protetta contro i cortocircuiti. Per la protezione contro i sovraccarichi deve essere verificata la seguente condizione:

$$I_f \leq 1,45 \times I_z$$

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

dove:

- I_f corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione;
 I_b corrente di impiego del circuito elettrico;
 I_z portata massima a regime permanente delle condutture;
 I_n corrente nominale del dispositivo di protezione.

La protezione contro i cortocircuiti deve essere sempre prevista all'inizio della condotta, inoltre deve essere verificata la seguente condizione tecnica:

$$i^2t \leq k^2 \times S^2$$

dove:

- i^2t integrale di joule lasciata passare dal dispositivo di protezione per tutta la durata del cortocircuito;
 K coefficiente che varia con il mutare della tipologia del cavo, es.: 115 per conduttori in rame isolati PVC, 135 per cavi in rame isolati in gomma naturale o butilica e 146 per cavi in rame isolati con gomma etilpropilenica e con polietilene reticolato.
 S sezione nominale del conduttore in mm².

Qualora il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi sia posto all'inizio della condotta ed abbia un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione, si considera che esso assicuri anche la protezione contro il corto circuito della condotta situata a valle di quel punto.

Questa considerazione non è valida per alcuni tipi di interruttori che non limitano la corrente, per l'intera gamma delle correnti di corto circuito, in questo caso la validità deve essere verificata conformemente alle prescrizioni dell'articolo 434.3 della Norma CEI 64/8, in particolare tutte le correnti provocate da un corto circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile.

11.0 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER I LOCALI DA BAGNO

Il progetto in discussione non prevede la presenza di locali da bagno o doccia (soggetti alle prescrizioni particolari della sez. 701 della Norma 64-8) bensì saranno presenti unicamente locali w.c., nei quali l'esecuzione degli impianti elettrici può seguire le regole generali della Norma CEI 64/8.

12.0 IMPIANTO ELETTRICO E BARRIERE ARCHITETTONICHE

Per barriere architettoniche si intendono gli ostacoli fisici che possono essere fonte di disagio per la mobilità delle persone e soprattutto per chi presenta una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea.

I componenti dell'impianto elettrico devono rispondere a specifici requisiti relativamente alla loro ubicazione.

Interruttori campanelli, pulsanti di comando, citofoni, prese a spina installati nelle parti comuni devono essere collocati in posizione comoda, protetti dagli urti e facilmente individuabili.

12.1 DEFINIZIONI E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Ai fini dell'eliminazione delle barriere architettoniche ci si riferisce in particolare al DPR 503/96 per gli edifici pubblici e al D. M. 236/89 per gli edifici privati (es. alberghi, chiese, scuole, ecc.).

Il DM 236 si applica:

- agli edifici privati di nuova costruzione, residenziali e non, ivi compresi quelli di edilizia residenziale convenzionata;
- agli edifici di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata ed agevolata, di nuova costruzione;
- alla ristrutturazione degli edifici privati di cui ai precedenti punti 1) e 2), anche se preesistenti alla entrata in vigore del presente decreto;
- agli spazi esterni di pertinenza degli edifici di cui ai punti precedenti.

Con l'abbattimento delle barriere architettoniche si vuole garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici:

- **Accessibilità** - Per accessibilità si intende la possibilità, anche per persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio e le sue singole unità immobiliari e ambientali, di entrarvi agevolmente e di fruirne spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia. L'accessibilità deve essere garantita alle seguenti strutture:
 - Gli spazi esterni (vie condominiali, rampe di accesso, giardini, ecc.). Deve essere previsto almeno un percorso facilmente usufruibile anche da parte di persona con ridotte o impedito capacità motorie e sensoriali;
 - Le parti comuni (scale, pianerottoli, ecc.). Negli edifici residenziali con non più di tre livelli fuori terra è consentita la deroga all'installazione di meccanismi per l'accesso ai piani superiori, ivi compresi i servoscala, purché sia assicurata la possibilità della loro installazione in un tempo successivo.
 - Almeno il 5% degli alloggi previsti negli interventi di edilizia residenziale sovvenzionata, con un minimo di una unità immobiliare per ciascun intervento. Nel caso la richiesta di alloggi accessibili superi la quota minima prevista, alle richieste eccedenti si applicano le disposizioni di cui all'art. 17 del decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1978, n. 384;
 - Gli ambienti destinati ad attività sociali, come quelle scolastiche, sanitarie, assistenziali, culturali, sportive;
 - Gli edifici sedi di aziende o imprese soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio. L'accessibilità si considera garantita se sono accessibili tutti i settori produttivi, gli uffici amministrativi e almeno un servizio igienico per ogni gruppo di servizi igienici previsto. Deve essere sempre garantita anche la fruibilità delle mense, degli spogliatoi, dei luoghi ricreativi e di tutti i servizi di pertinenza.
- **Visitabilità** - Per visitabilità si intende la possibilità, anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico di ogni unità immobiliare. Sono spazi di relazione gli spazi di soggiorno o pranzo dell'alloggio e quelli dei luoghi di lavoro, servizio ed incontro, nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta. Qualsiasi unità immobiliare deve essere visitabile con le seguenti precisazioni:

- negli edifici residenziali - il soggiorno o la sala pranzo, un servizio igienico ed i relativi percorsi di collegamento interni alle unità immobiliari devono essere accessibili;
- nelle unità immobiliari sedi di riunioni o spettacoli all'aperto o al chiuso, temporanei o permanenti, compresi i circoli privati, e in quelle di ristorazione - devono essere accessibili almeno una zona riservata al pubblico e un servizio igienico; deve essere garantita inoltre la fruibilità degli spazi di relazione e dei servizi previsti, quali la biglietteria e il guardaroba;
- nelle unità immobiliari sedi di attività ricettive (alberghi, pensioni, villaggi turistici, campeggi, ecc.) - deve essere presente almeno un servizio igienico fruibile anche da parte di persone disabili per tutte le parti e i servizi comuni (sala pranzo, sala riunioni, ecc.). Deve essere previsto anche un determinato numero di camere accessibili alle persone disabili. Gli arredi, i servizi, i percorsi e gli spazi di manovra devono permettere un uso agevole anche da parte di persone su sedia a ruote. Se le camere non dispongono di servizi igienici, ne deve essere disponibile, nelle vicinanze della stanza, almeno uno sullo stesso piano. Il numero di stanze accessibili in ogni struttura ricettiva deve essere di almeno due fino a 40 o frazione di 40, aumentato di altre due ogni 40 stanze o frazione di 40 in più.
- nelle unità immobiliari sedi di culto - deve essere accessibile almeno una zona riservata ai fedeli per assistere alle funzioni religiose;
- nelle unità immobiliari sedi di attività aperte al pubblico - devono essere accessibili gli eventuali spazi di relazione nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta ed almeno un servizio igienico. Nelle unità immobiliari sedi di attività aperte al pubblico, di superficie netta inferiore a 250 m², il requisito della visitabilità si intende soddisfatto se sono accessibili gli spazi di relazione, caratterizzanti le sedi stesse, nelle quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta;
- nei luoghi di lavoro sedi di attività non aperte al pubblico e non soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio - è sufficiente che sia soddisfatto il solo requisito dell'adattabilità;
- negli edifici residenziali unifamiliari ed in quelli plurifamiliari privi di parti comuni - è sufficiente che sia soddisfatto il solo requisito dell'adattabilità.
- **Adattabilità** - Per adattabilità si intende la possibilità di modificare nel tempo lo spazio costruito a costi limitati, allo scopo di renderlo completamente ed agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale. In ogni unità immobiliare devono essere adattabili tutte le parti per le quali non è stata prevista l'accessibilità e/o la visitabilità. Per gli edifici residenziali privi di parti comuni e per sedi di luoghi di lavoro non aperti al pubblico e non soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio è sufficiente che sia garantito il solo requisito di adattabilità.

12.2 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI

I componenti dell'impianto elettrico devono rispondere a specifici requisiti relativamente alla loro ubicazione. Interruttori, campanelli, pulsanti di comando, citofoni, prese a spina installati nelle parti comuni devono essere collocati in posizione comoda, protetti dagli urti e facilmente individuabili (ad es. il pulsante di comando luce scale da prevedere in ogni pianerottolo che potrebbe essere del tipo con spia luminosa) ed utilizzabili, anche in condizioni di scarsa illuminazione, dalle persone disabili.

Nella figura 19 sono raccolte le altezze di installazione consigliate riprese anche dalla Guida CEI 64-50.

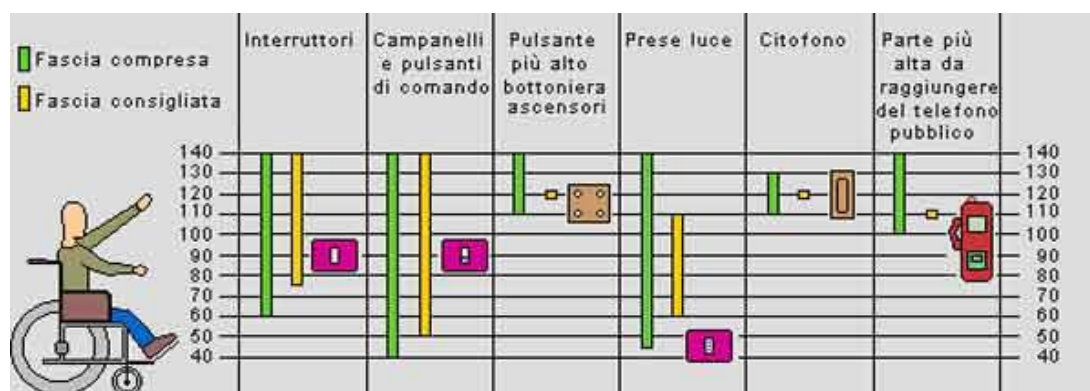


Fig.19 - Ubicazione delle apparecchiature elettriche per l'abbattimento delle barriere architettoniche

In particolare le strutture ricettive (alberghi, pensioni, villaggi turistici, campeggi, ecc.) devono avere almeno un servizio igienico fruibile anche da parte di persone disabili per tutte le parti e i servizi comuni (sala pranzo, sala riunioni, ecc).

I servizi igienici fruibili anche da parte di persone disabili devono essere dotati, in prossimità della vasca da bagno e del wc, di un campanello di allarme (fig. 20).

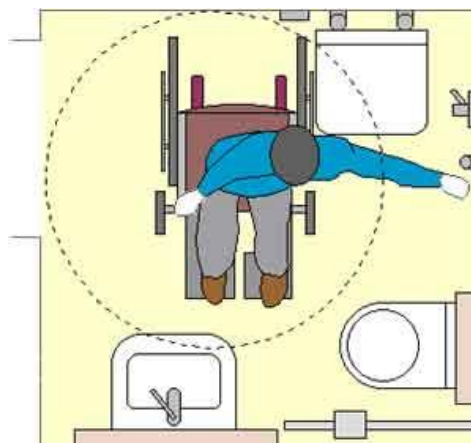


Fig.20 - I servizi igienici fruibili anche da parte di persone disabili devono essere dotati, in prossimità della vasca da bagno e del wc, di un campanello di allarme.

La suoneria deve essere collocata possibilmente in un luogo presidiato (ad esempio nella reception) o comunque in un locale dove sia consentita un'immediata ricezione del segnale di richiesta di soccorso inviato.

13.0 VERIFICHE

Per verifica si intende (Norma CEI 64-8/6) l'insieme di operazioni mediante le quali si vuole comprovare la rispondenza dell'impianto alle norme di sicurezza e alla legge.

Le verifiche iniziali sono espressamente richieste dalla legge 46/90 relativamente alla dichiarazione di conformità e devono essere svolte scrupolosamente secondo i dettami delle diverse Norme CEI. Successivamente alle verifiche iniziali, si effettuano le verifiche periodiche, per accertare che le condizioni iniziali di sicurezza non siano mutate e, in occasione di sostanziali modifiche o ampliamenti all'impianto, le verifiche straordinarie. La periodicità delle verifiche è stabilita dalle Norme CEI specifiche e, ove mancassero indicazioni precise, la frequenza può essere stabilita in considerazione delle condizioni di conduzione dell'impianto (stato di conservazione dell'impianto). Le modalità e i risultati delle verifiche, ove non esplicitamente richiesti, è opportuno che siano raccolti e pubblicati in appositi registri nei quali saranno dettagliatamente riportati anche gli eventuali difetti impiantistici riscontrati.

Sostanzialmente ogni verifica consiste in due distinte operazioni l'una imprescindibile dall'altra: l'esame a vista e le prove

13.1 ESAME A VISTA

L'esame a vista è propedeutico alle prove e può essere di due tipi:

- esame a vista ordinario
- esame a vista approfondito

L'esame a vista ordinario deve accertare che i componenti siano, conformemente alle relative Norme, correttamente scelti ed installati e che non presentino danneggiamenti evidenti. Consiste nell'ispezione di tutti i materiali impiegati per identificarne eventuali difetti visibili a colpo d'occhio, come ad esempio rotture degli involucri, fissaggi non eseguiti a regola d'arte, assenza di targhette identificative ecc..

L'esame a vista approfondito consiste in un'ispezione più accurata nella quale, avvalendosi di opportuni attrezzi, si vogliono evidenziare difetti quali ad esempio errati collegamenti, morsetti allentati, ecc..

Con l'esame a vista si deve verificare che:

- sia garantita l'efficienza dei collegamenti dei componenti l'impianto di terra ed equipotenziali principali e supplementari (conduttori, dispersori, nodi equipotenziali, ecc..). I conduttori per la messa a terra devono essere nudi oppure identificabili per mezzo del colore giallo-verde;
- il conduttore di neutro sia di colore blu chiaro;
- vi sia presenza della documentazione attestante le parti dell'impianto non visibili come ad esempio dispersori o collegamenti ai ferri di armatura non ispezionabili;
- l'impianto di terra ed equipotenzialità sia correttamente dimensionato e siano adottate adeguate protezioni meccaniche contro il danneggiamento degli elementi costituenti;
- siano presenti ed adeguatamente identificati i collegamenti equipotenziali principali e dei nodi principali di terra;

- siano presenti ed adeguatamente identificati i collegamenti equipotenziali supplementari realizzati nei locali a maggior rischio elettrico (locali da bagno, locali ad uso medico, ecc..) o per quelle parti d'impianto (sistemi TT, TN, IT) in cui le protezioni non interrompono l'alimentazione nel tempo richiesto;
- sia assicurato il coordinamento tra impianto di terra e relativi dispositivi di protezione contro i contatti indiretti;
- sia idonea la scelta dei cavi in funzione della portata e del grado di isolamento richiesto e che i cavi siano protetti dai sovraccarichi e dai cortocircuiti;
- siano stati utilizzati componenti idonei all'ambiente di installazione;
- sia garantito il sezionamento dei circuiti e, ove richiesto, il comando di emergenza.
- siano presenti gli opportuni schemi elettrici nei quadri installati;
- siano presenti le barriere tagliafuoco;
- siano idonee tutte le giunzioni elettriche effettuate;
- siano separati fisicamente i vari impianti a tensione di isolamento diversa.

13.2 PROVE, MISURE E VERIFICHE TECNICHE

Con le prove si intende accertare, mediante appropriate misure, la rispondenza dell'impianto alle Norme CEI. Gli impianti di nuova costruzione devono essere sempre verificati ed i controlli possono essere totali o a campione quando le installazioni presentano caratteristiche simili e sono realizzate in grande quantità (ad esempio apparecchi illuminanti, prese a spina, ecc.).

Negli impianti preesistenti i controlli hanno invece lo scopo di accertare l'esistenza di un livello di sicurezza accettabile in relazione alle innovazioni normative e/o tecniche del momento.

Si rendono pertanto necessarie le seguenti prove, misure e/o verifiche:

- verifica della continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziali;
- verifica della resistenza di isolamento dell'impianto;
- prova funzionale degli interruttori differenziali;
- verifica e misura in vari punti dell'anello di guasto;
- prove di tensione applicata;
- prove funzionali dei vari circuiti elettrici;
- misure di verifica della caduta di tensione;
- misura della resistenza di terra;
- prove di polarità;
- verifica funzionale della protezione contro gli effetti termici.

Prima di qualsiasi altro controllo del sistema di protezione è raccomandabile effettuare la prova di continuità dei conduttori di terra, protezione, equipotenziali principali e secondari. Si intende con tale prova accertare l'integrità dei collegamenti dell'impianto di terra (non deve essere misurata la resistenza dei circuiti) a partire dai dispersori fino alle masse e masse estranee. Per la prova deve essere impiegato uno strumento in grado di fornire almeno 0,2 A con una tensione a vuoto compresa tra 4 V e 24 V in c.c. o in c.a. Il controllo deve essere effettuato:

- tra il dispersore (se accessibile) ed il collettore di terra;
- tra i vari collettori di terra;
- quando necessario, tra i conduttori di protezione (PE) ed i conduttori equipotenziali (EQ), in presenza di giunzioni o derivazioni, per individuare possibili discontinuità;
- tra le masse ed i collettori di terra;
- tra le masse estranee fra di loro e verso le masse.

13.3 VERIFICHE PERIODICHE

Il datore di lavoro ha, nei confronti della sicurezza degli impianti, alcuni obblighi riassunti nella tabella seguente:

Rif. Legislativo	Definizione
DPR 462/2001	Il datore di lavoro deve provvedere alla denuncia, all'omologazione e alle successive verifiche degli impianti di messa a terra che possono essere effettuate esclusivamente da soggetti abilitati a tale scopo. Tali verifiche avranno periodicità non superiori a cinque anni (ovvero due anni nei casi di terra artificiale o luoghi non ordinari).
D.Lgs. 81/08 Art. 86	Il datore di lavoro provvede affinché gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dai fulmini, siano periodicamente sottoposti a manutenzione e controllo secondo le indicazioni delle norme di buona tecnica e la normativa vigente per verificarne lo stato di conservazione e di efficienza ai fini della sicurezza.

Tab. 8 – Obblighi del Datore di Lavoro

Inoltre, al fine di mantenere la funzionalità e la sicurezza dell'impianto, è consigliabile effettuare altre verifiche con la seguente periodicità:

- ogni sei mesi il funzionamento degli interruttori di protezione e differenziali (tasto di prova);
- ogni anno il funzionamento delle apparecchiature di emergenza e sicurezza (compresi gli apparecchi autonomi di illuminazione di sicurezza);
- ogni due anni la verifica dell'efficienza dell'impianto di terra;
- ogni tre anni un esame a vista dell'intero impianto;
- ogni tre anni un controllo dell'integrità degli isolamenti e delle connessioni;
- ogni tre anni una prova di continuità a campione (circa 20%);
- ogni tre anni la prova strumentale degli interruttori differenziali.