PROVINCIA DI BRESCIA

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI TRAVAGLIATO

Oggetto: **SPORTELLO UNICO ATTIVITA' PRODUTTIVE PER AMPLIAMENTO SEDE SOCIETA' "MG SPA "**

Procedura di cui al D.P.R.07/09/2010 e succ. modifiche e integrazioni

Proprietario:

MG S.p.A.
Via Dei Metalli, 1
25039 Travagliato (BS)
Tel. 030 21491
P.I. 02044980171
www.mggauges.com

Giuseppe Fausti
President & Managing Director

Progetto e D.L.

SAUPI s.r.l

Architetto Giordano Pedrazzoli
Via Tirandi n° 26 - 25128 Brescia
Tel. e Fax. 030 2092012 - E-mail: saupisrl@gmail.com

Collaboratori:

Timbro e Firma:

C01

Contenuto:

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA

COLLABORATORE PER LA PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

INGEGNERE BORGHETTI CLAUDIA
CBengineering
Via Castignidolo, 8
25060 POLAVENO (BS)
Tel. +393335654166 P.I.: 02345780981

Fase:	Pratica numero:	Data:	Aggiornamenti:	Aggiornamenti:	Aggiornamenti:	Aggiornamenti:
Progetto Definitivo	548	LUGLIO 2019				

SOMMARIO

CAPITOLO 1- GENERALITA'

1 GENERALITA' 8

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE 9

2.1 ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA 9
2.1.1 Fornitura energia elettrica MT 9
2.1.2 Trasformazione MT/BT 9
2.1.3 Distribuzione BT 10

2.2 IMPIANTO DI MESSA A TERRA 10

2.3 QUADRI ELETTRICI 10

2.4 DISTRIBUZIONE PRINCIPALE E SECONDARIA 11

2.5 CONDUTTORI 11

2.6 IMPIANTO DI FORZA MOTRICE 12

2.7 ILLUMINAZIONE ORDINARIA 12

2.8 ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA 13

2.9 IMPIANTO CITOFONICO 13

2.10 IMPIANTO FOTOVOLTAICO 13

2.11 IMPIANTO ANTINTRUSIONE 13

2.12 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA TVCC 14

2.13 IMPIANTO DI RIVELAZIONI AUTOMATICA FUMI ED ALLARME MANUALE ANTINCENDIO 15

3 CLASSIFICAZIONE AMBIENTI 16

3.1 AMBIENTI MARCI 16

4 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI 17

4.1 Protezione contro i contatti diretti 17
4.1.1 Protezione contro i contatti diretti nei sistemi di bassa tensione (I categoria) 17
4.1.1.1 Protezione mediante isolamento delle parti attive 17
4.1.1.2 Protezione mediante involucri o barriere 17
4.1.1.3 Protezione mediante ostacoli 17
4.1.1.4 Protezione mediante distanziamento 18

4.1.1.5 Protezione addizionale mediante interruttori differenziali 18
4.1.1.6 Protezione per limitazione di corrente 18
4.1.1.7 Protezione per limitazione della carica elettrica residua dei condensatori 18
4.1.2 Protezione contro i contatti diretti nei sistemi a bassissima tensione (categoria 0) 19

4.2 Protezione contro i contatti indiretti 19
4.2.1 Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di bassa tensione (I categoria) 19
4.2.1.1 Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione 19
4.2.1.1.1 Collegamento equipotenziale principale 19
4.2.1.1.2 Collegamento equipotenziale supplementare 20
4.2.1.1.3 Coordinamento nel sistema TT 20
4.2.1.2 Protezione mediante impiego di componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente 21

4.3 Protezione contro le sovracorrenti 22
4.3.1 Protezione contro le correnti di sovraccarico 25
4.3.2 Protezione contro le correnti di cortocircuito 26
4.3.2.1 Calcolo e stima delle correnti di cortocircuito 28
4.3.2.1.1 Punto di trasformazione MT/BT 28
4.3.2.1.2 Punti lungo la rete di distribuzione BT 28
4.3.3 Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti 29
4.3.4 Limitazione delle sovracorrenti per mezzo delle caratteristiche dell'alimentazione 29
4.3.5 Selettività da sovracorrenti 29

5 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER AMBIENTI A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO (MARCI) 31

5.1 Classificazione ambienti MARCI 31

5.2 Criteri di esecuzione degli impianti elettrici negli ambienti MARCI 31
5.2.1 Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per i componenti elettrici escluse le condutture 31
5.2.2 Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per le condutture 32
5.2.2.1 Tipi di condutture ammessi 32
5.2.2.2 Protezione delle condutture elettriche 34
5.2.2.3 Requisiti delle condutture per evitare la propagazione dell'incendio 34

5.3 Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti MARCI in quanto aventi strutture portanti combustibili 35

6 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LOCALI AD USO MEDICO 36

6.1 Generalità 36
6.1.1 Classificazione dei locali medici 36
6.1.2 Zona paziente 36

6.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI 37
6.2.1 Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione 37
6.2.2 Protezione mediante SELV o PELV 38
6.2.3 Sistema IT-M 38

6.3 COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE SUPPLEMENTARE 39
6.3.1 Il nodo equipotenziale 39
6.3.2 Sub-nodi 40
6.3.3 Le masse estranee 41

7 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER PISCINE 42

7.1 Generalità **42**
7.1.1 Classificazione zone relative alle piscine 42

7.2 Prescrizioni per la sicurezza **42**
7.2.1 Protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti 42
7.2.2 Protezione contro i contatti diretti 42
7.2.3 Protezione contro i contatti indiretti 42
7.2.3.1 Collegamento equipotenziale secondario 42
7.2.3.2 Prescrizioni particolari per ciascuna zona 43

7.3 Scelta ed installazione dei componenti elettrici **43**
7.3.1 Regole comuni 43
7.3.2 Condutture 43
7.3.3 Dispositivi di protezione sezionamento e comando 44
7.3.4 Altri componenti elettrici 44
7.3.4.1 Apparecchi utilizzatori di piscine 44
7.3.4.2 Apparecchi di illuminazione per immersione in piscine 45
7.3.4.3 Prescrizioni speciali per l'installazione di componenti elettrici nella zona 1 di piscine 45

8 IMPIANTO DI TERRA **46**

8.1 Scopo dell'impianto di terra **46**

8.2 Dimensionamento dell'impianto di terra **46**
8.2.1 Dimensionamento del dispersore 46
8.2.1.1 Dimensionamento del dispersore in ordine alla resistenza meccanica alla corrosione 46
8.2.1.2 Dimensionamento del dispersore in ordine al comportamento termico 47
8.2.1.3 Dimensionamento del dispersore in ordine alla limitazione della tensione di contatto e di passo 51
8.2.2 Dimensionamento dei conduttori di terra 51
8.2.2.1 Sistemi BT 51
8.2.3 Dimensionamento dei conduttori di protezione in BT 52
8.2.4 Dimensionamento dei conduttori equipotenziali 53

9 CONDUTTURE DI ALIMENTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI **54**

9.1 Distribuzione dell'energia in cavo **54**
9.1.1 Sezione minima dei conduttori 55
9.1.2 Criteri generali di installazione 56
9.1.2.1 Tipologia di posa 56
9.1.2.2 Protezione contro i contatti diretti 58
9.1.2.3 Messa a terra 59
9.1.2.4 Connessioni (giunzioni e deirivazioni) 59
9.1.2.5 Vicinanza tra cavi di energia di differente categoria e tra cavi di potenza e di segnale 59
9.1.3 Criteri per la messa in opera dei cavi 60
9.1.4 Fattori di criticità ambientale 61
9.1.4.1 Temperatura 63
9.1.4.2 Acqua 65
9.1.4.3 Rischio da flora e muffe 66
9.1.4.4 Rischio di fauna 66
9.1.4.5 Rischio da interramento 66
9.1.4.6 V ibrazioni 67
9.1.4.7 Urti, flessioni e torsioni 67
9.1.5 Condutture per posa all'interno 67
9.1.5.1 Cavi di potenza 67
9.1.5.2 Cavi per i circuiti di comando e di segnalazione 68
9.1.6 Condutture per posa all'esterno 68
9.1.6.1 Tipi di cavo 68

9.1.6.2 Tipologia di posa interrata 69

10 QUADRI ELETTRICI 70

10.1 Quadri elettrici per bassa tensione a norma CEI 17-13 70
10.1.1 Quadri AS ed ANS 70
10.1.2 Tenuta del cortocircuito 71
10.1.3 Limiti di sovratensione 71

10.2 Quadri per uso domestico e similare 72
10.2.1 Campo di applicazione della norma CEI 23-51 72
10.2.2 La targa 72
10.2.3 Verifiche e prove 73
10.2.3.1 Verifica dei limiti di sovratemperatura 73

11 IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ENERGIA 75

11.1 APPARECCHI DI COMANDO 75

11.2 PRESE A SPINA 75

11.3 PRESCRIZIONI PER BAGNI E DOCCE 76
11.3.1 REGOLE D'INSTALLAZIONE SECONDO LE ZONE 76
11.3.2 COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI SUPPLEMENTARI 79
11.3.3 VASCA PER IDROMASSAGGIO 80

12 CIRCUITI DI COMANDO E SEGNALAZIONE 81

13 ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA 82

13.1 Illuminazione di sicurezza nei luoghi di lavoro 82

13.2 Illuminazione di sicurezza nelle strutture ospedaliere e similari 82

13.3 Prescrizioni della norma UNI EN 1838 83
13.3.1 Illuminazione delle vie di esodo 83
13.3.2 Illuminazione antipanico 83
13.3.3 Illuminazione di sicurezza nelle attività ad alto rischio 84
13.3.4 Disponibilità, autonomia e tempo di ricarica 84

13.4 Controlli e manutenzioni dell'impianto di illuminazione di emergenza 84
13.4.1 Verifiche iniziali 85
13.4.2 Verifiche periodiche 85
13.4.3 Manutenzione 86
13.4.4 Revisione e collaudo 87
13.4.5 Registro dei controlli 87

14 RIFASAMENTO E ARMONICHE DI CORRENTE 89

14.1 Rifasamento 89
14.1.1 Fattore di potenza 89
14.1.2 Benefici del rifasamento 90

14.2 Armoniche di corrente 91
14.2.1 Effetti dovuti alla presenza di armoniche 91

14.2.2 Misure protettive 93
14.2.3 Filtri 93
14.2.4 Reattanze da blocco 93

15 NORME DI RIFERIMENTO 94

16 VERIFICHE IMPIANTI ELETTRICI BASSA TENSIONE 98

16.1 Prescrizioni della Norma CEI 64-8 98
16.1.1 Verifiche iniziali 98
16.1.1.1 Esame a vista 98
16.1.1.2 Prove 99
16.1.1.2.1 Continuità dei conduttori 99
16.1.1.2.2 Resistenza d'isolamento dell'impianto elettrico 99
16.1.1.2.3 Protezione mediante SELV, PELV o mediante separazione elettrica 100
Protezione mediante SELV 100
Protezione mediante PELV 100
Protezione mediante separazione elettrica 100
16.1.1.2.4 Protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione 100
16.1.1.2.5 Misura della resistenza di terra 101
16.1.1.2.6 Misura dell'impedenza dell'anello di guasto 101
16.1.1.2.7 Protezione addizionale mediante interruttore differenziale 102
16.1.1.2.8 Prova di polarità 102
16.1.1.2.9 Verifica delle sequenze delle fasi 102
16.1.1.2.10 Prove di funzionamento 102
16.1.1.2.11 Verifica della caduta di tensione 102
16.1.1.3 Rapporto per la verifica iniziale 102
16.1.2 Verifiche periodiche 102
16.1.2.1 Frequenza della verifica periodica 103
16.1.2.2 Rapporto delle verifiche periodiche 104

17 DM 37/08: NUOVE DISPOSIZIONI IN MATERIA DI INSTALLAZIONE DEGLI IMPIANTI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI 105

17.1 Progettazione degli impianti 105

17.2 Imprese abilitate alla realizzazione degli impianti 106

17.3 Dichiarazione di conformità 106

17.4 Obblighi del committente o del proprietario 106

17.5 Deposito presso lo sportello unico per l'edilizia del progetto della dichiarazione di conformità o del certificato di collaudo 107

17.6 Cartello informativo 107

18 DPR462 108

18.1 Denuncia ed omologazione nuovi impianti 108

18.2 Verifiche periodiche 108

18.3 Periodicità delle verifiche **109**

18.4 Organismi abilitati all'esecuzione delle verifiche **110**

18.5 Inosservanza al DPR462/01 e sanzioni **110**

1 GENERALITA'

La presente relazione tecnica contiene le principali prescrizioni tecniche, legislative e normative per la posa in opera, la verifica ed il collaudo degli impianti elettrici e speciali a servizio dell'ampliamento dell'insediamento industriale della società MG S.P.A. di Via dei Metalli, 1 a TRAVAGLIATO (BS), di proprietà della società MG S.P.A., commissionato dalla società stessa, precisando le scelte progettuali, le modalità di realizzazione degli impianti e le funzioni a cui sono dedicate le apparecchiature e gli impianti. Sono da ritenersi complementari alla presente relazione i dati contenuti negli elaborati grafici allegati alla presente.

L'intervento nel suo insieme comporterà la realizzazione di un nuovo edificio, attiguo all'insediamento produttivo esistente, che comprenderà una zona destinata a lavorazioni meccaniche a freddo, e una zona destinata ad uso uffici e spogliatoi, nonché una serie di locali tecnici a servizio dell'intera struttura.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il progetto comprende :

- Impianto generale di terra
- Quadri Elettrici Bassa Tensione
- Quadro Centrale Tecnologica ed impianti a servizio impianti termoidraulici
- Linee di distribuzione dai quadri generali ai quadri di zona
- Linee di distribuzione secondaria
- Impianto di illuminazione ordinaria e di emergenza
- Impianto di illuminazione esterna
- Impianto distribuzione forza motrice
- Impianto telefonico e trasmissione dati
- Impianto di rilevazione automatica incendio
- Impianto antiintrusione
- Impianto TVCC

2.1ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

2.1.1Fornitura energia elettrica MT

La fornitura dell'energia è esistente ed è realizzata dall'Ente Distributore attraverso un sistema MT trifase con le seguenti caratteristiche:

- Sistema trifase a	3 conduttori
- Tensione nominale	15 kV
- Tensione di riferimento per l'isolamento	24 kV
- Frequenza nominale	50 Hz
- Corrente di Corto Circuito presunta	12,5 kA
- Impianto di categoria	••

A servizio dell'ampliamento oggetto della presente relazione è prevista una nuova cabina di trasformazione MT/BT ("Cabina di trasformazione 2"), il cui quadro di media tensione è alimentato a partire dal quadro generale di media tensione della cabina MT di ricezione esistente, (che verrà adeguato in funzione delle rinnovate esigenze di distribuzione).

2.1.2Trasformazione MT/BT

La trasformazione dell'energia da media a bassa tensione è realizzata per mezzo di un trasformatore in resina P=800kVA situato in apposito locale compartimentato rispetto al resto delle apparecchiature della

"Cabina di trasformazione 2". Il trasformatore alimenta il Quadro Elettrico Power Center ubicato nel locale adiacente.

2.1.3 Distribuzione BT

Il sistema di distribuzione principale è di tipo TN-S, ha un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.

Il conduttore di neutro e di protezione sono separati.

La distribuzione dell'energia in bassa tensione è assicurata da un sistema trifase con le seguenti caratteristiche:

- Sistema trifase a	4 conduttori (3 Fasi + Neutro)
- Tensione nominale	400/230 V
- Tensione di riferimento per l'isolamento	0,6/1 kV
- Frequenza nominale	50 Hz
- Impianto di categoria	•
- Sistema di classificazione	TN-S
- Caduta di tensione massima ammessa	4%

2.2 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

È prevista la realizzazione di un impianto di terra a servizio dell'ampliamento che verrà collegato in più punti all'impianto di terra dello stabile esistente, come riportato nella planimetria relativa; a tale impianto di terra saranno collegate tutte le masse e le masse estranee dell'impianto.

L'impianto di dispersione sarà costituito da una corda di dispersione orizzontale posta in intimo contatto con il terreno vegetale, ad una profondità di interramento minima pari a 0,50 m sotto il piano di campagna e ricoperta con terra o argilla e dai ferri di costruzione della struttura.

La corda sarà di rame nudo avente una sezione minima di 50 mm², tale corda sarà integrata da dispersori a picchetto massiccio.

Il valore della resistenza di terra, dovrà essere verificato dall'installatore al termine dei lavori e consentire il coordinamento con gli apparecchi di protezione secondo quanto previsto dalla normativa.

2.3 QUADRI ELETTRICI

E' prevista l'installazione dei nuovi quadri elettrici, i cui schemi elettrici unifilari sono allegati alla presente relazione. I quadri avranno grado di protezione minimo stabilito dal locale in cui è installato.

Per la tipologia e dimensioni de quadro, devono essere rispettate le specifiche indicate nella documentazione di progetto.

Al termine della costruzione il quadro dovrà essere sottoposto alle prove di tipo, se rientrante nella tipologia AS; in caso contrario, alle prove relative alle apparecchiature ANS (apparecchiature non di serie) previste dalle norme CEI 17-13/1 paragrafo 8.2 tab.7, e più precisamente:

- verifica tenuta della tensione applicata o misura della resistenza di isolamento
- verifica della continuità del circuito di protezione
- verifica delle distanze in aria superficiali
- verifica del funzionamento meccanico
- verifica del funzionamento elettrico
- verifica corrispondenza schema funzionale e apparecchi installati

Dello stesso dovrà essere fornita la certificazione.

Gli interruttori installati dovranno avere potere di interruzione adeguato alla corrente di cortocircuito prevista nel punto del circuito in cui è installato il quadro.

2.4 DISTRIBUZIONE PRINCIPALE E SECONDARIA

La distribuzione primaria e secondaria sarà realizzata parte mediante canalina in acciaio zincato forata/ a filo senza coperchio contrassegnata con il marchio IMQ, posata a vista, parte impiegando tubi protettivi pieghevoli di tipo medio in materiale isolante incassati nella muratura (in parte esistenti e in parte di nuova installazione) oppure tubazioni rigide in PVC o in acciaio zincato tipo Taz posate a vista ; il diametro interno dei tubi dovrà essere uguale ad 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi da contenere.

Tutte le cassette di derivazione saranno contrassegnate con il nome del circuito transitante, desumibile dallo schema elettrico unifilare.

2.5 CONDUTTORI

Per l'alimentazione elettrica di potenza dei vari componenti dell'impianto verrà utilizzato cavo unipolare flessibile, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR, di rame ricotto isolato con materiale isolante in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16, guaina in PVC di qualità R16, rivestimento interno riempitivo di materiale non igroscopico, norme di riferimento CEI 20-13, CEI 20-67, tipo FG16R16 0,6/1 kV oppure cavo unipolare flessibile, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR, di rame ricotto isolato con materiale isolante in PVC di qualità S17, norme di riferimento CEI EN 50525, CEI 20-40; tipo FS17 450/750 V, secondo quanto indicato negli schemi elettrici allegati. Le connessioni realizzate nelle cassette di derivazione saranno realizzate con morsetti Cembre art. Z6-5 o morsetti equivalenti; sono vietate le nastrature dei conduttori sulle connessioni.

Per l'alimentazione dei corpi illuminanti con funzionamento in emergenza, a partire dal "Quadro Elettrico Luci di Emergenza" alimentato dal Soccorritore di Emergenza, saranno utilizzati cavi del tipo FTG10(O)M1.

Le sezioni dei conduttori sono riportate negli schemi elettrici allegati, dove sono specificati quali sono i circuiti di nuova realizzazione oggetto del presente progetto.

Il colore del conduttore di terra sarà Giallo-Verde, del neutro sarà Blu, altri colori saranno utilizzati per i conduttori di fase.

2.6 IMPIANTO DI FORZA MOTRICE

All'interno dei locali della zona oggetto d'intervento è stato previsto un adeguato numero di prese di forza motrice, in base alla destinazione d'uso dei locali; il grado di protezione di tutti i gruppi prese è previsto IP4X, conformemente a quanto disposto negli articoli 751.03.2 e 751.03.3 della norma CEI 64-8.

Per i servizi igienici destinati ad uso disabili: l'impianto di chiamata sarà costituito da pulsanti a tirante ubicati in prossimità del WC e da un pulsante di tacitazione ubicato all'interno del locale stesso.

L'allarme verrà visualizzato in un pannello ottico-acustico posto esternamente nelle immediate vicinanze del servizio igienico. Le zone oggetto di intervento saranno dotate di impianti elettrici al servizio degli impianti di elevazione quali ascensori e montacarichi.

Si precisa che oggetto della presente progettazione saranno esclusivamente le condutture elettriche (cavi e canali) e le condutture delle linee telefoniche (cavi e canali) relative alle alimentazioni principali dei suddetti impianti. La restante porzione impiantistica definita di "bordo macchina" a partire dai relativi quadri elettrici di comando e gestione nonché a tutti i collegamenti elettrici in campo e nei locali o vani dedicati alle macchine di elevazione saranno a carico dell'azienda che realizzerà tali impianti.

2.7 ILLUMINAZIONE ORDINARIA

Le caratteristiche dei corpi illuminanti scelti per l'integrazione dell'impianto di illuminazione esistente sono indicati nelle tavole allegate alla presente relazione tecnica.

L'impianto di illuminazione contribuisce in maniera importante ai costi energetici totali della struttura in oggetto. È per questo motivo che lo studio dell'impianto di illuminazione è stato redatto sulla scorta dei seguenti criteri.

- Apparecchi di illuminazione a LED;
- Impianto di illuminazione comandato da sistemi di rilevatori di presenza allo scopo di semplificare l'impianto e di ridurre i costi di primo impianto e gli sprechi di energia elettrica.
- Impianti di illuminazione di emergenza parzialmente centralizzati, per evitare l'impiego di lampade con batterie autonome: ciò riduce gli oneri per lo smaltimento dei rifiuti speciali, quali sono le batterie.

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con particolare cura secondo i disposti normativi.

In particolare, nelle aree caratterizzate da dimensioni considerevoli (> 100 m²), saranno previsti più circuiti indipendenti in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema di illuminazione.

Gli apparecchi illuminanti saranno fissati in modo sicuro, protetti da urti od altre azioni meccaniche.

Tutti i corpi saranno idonei all'ambiente di installazione e saranno in possesso delle caratteristiche minime previste dalla vigente legislazione.

La disposizione e la tipologia dei corpi illuminanti sarà tale da garantire i livelli di illuminamento minimi Gli apparecchi d'illuminazione e le prestazioni illuminotecniche raggiunte nei vari ambienti di lavoro saranno, quindi comunque, conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 12464-1.

Al fine di ridurre gli "sprechi" si è deciso di comandare l'illuminazione tramite sensori di prossimità, programmabili con tempo di ritardo allo spegnimento fino a 20 minuti, installati a parete o nel controsoffitto, in maniera tale da evitare il permanere delle luci accese all'interno dei locali in assenza di personale; in particolare l'accensione delle luci sarà comandata esclusivamente dai sensori di prossimità all'interno di spogliatoi e bagni.

2.8 ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA

Al mancare della tensione di rete, oppure in caso di guasto sul circuito di illuminazione ordinario, sarà assicurato un livello di illuminamento tale da garantire una corretta evacuazione nel rispetto dei parametri stabiliti dalla norma UNI 1838.

A tale scopo, gli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza saranno del tipo con attivazione automatica in meno di mezzo secondo e persistenza del livello suddetto non inferiore ad un'ora dopo dodici ore di ricarica.

Il sistema di illuminazione di sicurezza sarà del tipo centralizzato alimentato da un soccorritore conforme alla norma EN50571 , che garantisce un'autonomia 60 minuti, come richiesto dal DM 18/03/1996 e smi.

I valori di illuminamento minimo previsti sono quelli previsti normativamente in funzione della destinazione d'uso delle varie zone

2.9 IMPIANTO CITOFONICO

E' prevista la realizzazione di un impianto videocitofonico a due fili costituito da una postazione esterne e da due postazioni videocitofoniche interne.

2.10 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

E' prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di 441,195 kWp, che verrà installato in copertura. Per i dettagli si veda la documentazione di progetto dedicata.

2.11 IMPIANTO ANTINTRUSIONE

Sarà previsto un impianto antintrusione generalizzato a tutto l'edificio, destinato al controllo volumetrico di particolari zone interne dell'edificio.

L'impianto antintrusione sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- centrale cablata
- inseritore settorizzabile
- protezione volumetrica con sensori a doppia tecnologia (IR+MW)
- contatti magnetici ed antisfondamento
- sirena elettronica
- rete di interconnessione delle apparecchiature in campo con la centrale.

La centrale di allarme provvederà ad eseguire l'alimentazione ed il controllo dei rivelatori volumetrici e provvede inoltre a generare gli allarmi in caso di effrazione.

La centrale sarà predisposta per essere interfacciata con l'unità centrale degli impianti di sicurezza per l'invio delle segnalazioni di allarme e di guasto e per rendere possibile ad un operatore di effettuare da tale unità tutte le operazioni realizzabili tramite il pannello di comando e controllo installato sulla centrale stessa, esclusa la programmazione base della centrale.

Saranno dotate di interfaccia a contatti per l'invio all'unità centrale di supervisione degli impianti delle segnalazioni di stato, allarme, guasto. Le segnalazioni di allarme provenienti dai rivelatori in campo dovranno essere suddivise per zona e comunque disponibili su moduli di espansione a 8 ingressi cadauna.

La centrale sarà dimensionata con una riserva pari ad almeno il 20% dei punti previsti in fase di progetto ed una espandibilità minima, mediante aggiunta di schede, pari ad almeno il 30% dei punti controllati.

La rete di connessione è costituita da linee sulle quali vengono collegati inseritori, tastiere e moduli di espansione.

Ogni linea, realizzata con cavo di adeguate caratteristiche del tipo non propagante l'incendio ed a bassa emissione di fumi e gas tossici, a Norme CEI 20-22/II e III, CEI 20-35/37/38, assicura l'alimentazione ed il controllo di ciascun sensore da parte della centrale.

2.12 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA TVCC

L'impianto prevede l'installazione di telecamere collocate esternamente ed internamente all'edificio e comunque nei punti di maggior passaggio o che richiedono un controllo particolare.

Le immagini vengono presentate all'operatore su monitor collocati in un apposito locale opportunamente presidiato.

- L'impianto sarà composto da:
- Telecamera box IP
- Telecamera bullet IP
- Network Video Recorder
- Monitor
- rete di interconnessione delle apparecchiature in campo con il DVR.

La centrale video permette l'esecuzione delle seguenti impostazioni:

- programmazione e memorizzazione di una o più sequenze video;
- attivazione contemporanea di più sequenze video su monitor/sistema di registrazione;
- attivazione di una sequenza di allarme;
- numerazione della telecamera.

La rete di connessione sarà costituita da cavi UTP cat. 6A che collega le telecamere direttamente al network video recorder, o ad un rack dati per le tratte più lunghe.

Tale rack, tramite uno switch dedicato, sarà collegato al network video recorder con un cavo in fibra ottica.

I cavi di alimentazione saranno del tipo non propagante l'incendio ed a bassa emissione di fumi e gas tossici, a Norme CEI 20-22 II e III, CEI 20-35/37/38.

2.13 IMPIANTO DI RIVELAZIONI AUTOMATICA FUMI ED ALLARME MANUALE ANTINCENDIO

L'edificio sarà dotato di un sistema fisso automatico di rivelazione e di segnalazione allarme incendio, conforme alla vigente norma UNI9795, che si estenderà a tutti i locali oggetto della presente relazione. ". Per i dettagli si veda la relazione di progetto dedicata.

3 CLASSIFICAZIONE AMBIENTI

3.1 AMBIENTI MARCI

La classificazione dei luoghi non fa parte del progetto, ma ne costituisce la necessaria premessa (dato di progetto) ai fini della prescrizioni per la realizzazione degli impianti.

In base alle informazioni ed alla documentazione fornita dal Committente (dato di progetto) si evidenzia che i locali oggetto della struttura oggetto della presente relazione classificati come ambienti a maggior rischio in caso di incendio sono i seguenti:

_ COMPARTIMENTO ID=2 : LOCALE QUADRI ELETTRICI.

_ COMPARTIMENTO ID=5 : UFFICI PIANO TERRA- SPOGLIATOI-UFFICI PIANO PRIMO

_ COMPARTIMENTO ID=6 : LOCALE SOCCORRITORE

_ COMPARTIMENTO ID=8 : LOCALE TRASFORMATORI

_ COMPARTIMENTO ID=9 : LOCALE RIFASATORI

Per l'esecuzione dei relativi impianti è, dunque, necessario applicare oltre alle prescrizioni generali della norma CEI 64-8 le prescrizioni relative agli ambienti MARCI contenute nella sezione 751 della norma CEI 64-8.

I locali di tutti gli altri compartimenti sono da considerare ambienti ordinari.

(Per l'identificazione dei compartimenti vedesi la Relazione Tecnica secondo D.M. 3.8.2015)

4 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI

4.1 Protezione contro i contatti diretti

Per **contatto diretto** si intende il contatto con parti attive, ovvero con parti in tensione al servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro , ma escluso per convenzione il conduttore PEN.

4.1.1 Protezione contro i contatti diretti nei sistemi di bassa tensione (I categoria)

Per ottenere la protezione contro i contatti diretti nei sistemi BT si fa riferimento alle prescrizioni della norma CEI 64-8 Parte 4 Cap.41 Sez.412.

4.1.1.1 Protezione mediante isolamento delle parti attive

L'isolamento è destinato ad impedire qualsiasi contatto con parti attive.
Le parti attive devono essere completamente ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo mediante distruzione.
L'isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica deve soddisfare le relative Norme.
Per gli altri componenti elettrici, la protezione deve essere assicurata da un isolamento tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.
Vernici, lacche, smalti e prodotti similari da soli non sono in genere considerati idonei per assicurare un adeguato isolamento per la protezione contro i contatti diretti.
Quando l'isolamento è applicato all'atto dell'installazione, la qualità dell'isolamento deve in caso di dubbio essere confermata da prove simili a quelle che assicurano la qualità dell'isolamento di componenti similari costruiti in fabbrica.

4.1.1.2 Protezione mediante involucri o barriere

Le barriere o gli involucri sono destinati ad impedire il contatto con parti attive.
Le parti attive devono essere poste entro involucri o dietro barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IP2X od IPXXB salvo condizioni più restrittive per luoghi non classificati per ordinari e/o prescrizioni particolari dettate dalla conoscenza del rischio elettrico del personale utilizzatore; si possono avere tuttavia aperture più grandi durante la sostituzione di parti, come nel caso d'alcuni portalampade o fusibili, o quando esse siano necessarie per permettere il corretto funzionamento di componenti elettrici in accordo con le prescrizioni delle relative Norme.
Le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano devono avere un grado di protezione non inferiore ad IP4X o IPXXD.
Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati ed avere una sufficiente stabilità e durata nel tempo in modo da conservare il richiesto grado di protezione ed una conveniente separazione dalle parti attive, nelle condizioni di servizio prevedibili, tenuto conto delle condizioni ambientali.
Quando sia necessario togliere barriere, aprire involucri o togliere parti d'involucri, questo deve essere possibile solo:
a) con l'uso di una chiave o di un attrezzo, oppure
b) se, dopo l'interruzione dell'alimentazione alle parti attive contro le quali le barriere o gli involucri offrono protezione, il ripristino dell'alimentazione sia possibile solo dopo la sostituzione o la richiusura delle barriere o degli involucri stessi, oppure
c) se, quando una barriera intermedia con grado di protezione non inferiore a IP2X o IPXXB protegge dal contatto con parti attive, tale barriera possa essere rimossa solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo.

4.1.1.3 Protezione mediante ostacoli

Gli ostacoli sono destinati ad impedire il contatto accidentale con parti attive ma non il contatto intenzionale dovuto all'aggiramento deliberato dell'ostacolo.
Gli ostacoli devono impedire:
- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive, oppure

- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

Gli ostacoli possono essere rimossi senza l'uso di una chiave o di un attrezzo ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

4.1.1.4 Protezione mediante distanziamento

Il distanziamento è destinato solo ad impedire il contatto non intenzionale con parti attive.

Parti simultaneamente accessibili a tensione diversa non devono essere a portata di mano.

Quando uno spazio, ordinariamente occupato da persone, è limitato nella direzione orizzontale da un ostacolo (per es. da un parapetto o da una rete grigliata) che abbia un grado di protezione inferiore a IP2X o IPXXB, la zona a portata di mano inizia da questo ostacolo. Nella direzione verticale la zona a portata di mano si estende sino a 2,5 m dal piano di calpestio non tenendo conto di qualsiasi ostacolo intermedio che fornisca un grado di protezione inferiore a IP2X o IPXXB.

Nei luoghi in cui vengono usualmente maneggiati oggetti conduttori grandi o voluminosi, le distanze richieste devono essere aumentate tenendo conto delle dimensioni di questi oggetti.

4.1.1.5 Protezione addizionale mediante interruttori differenziali

L'uso di interruttori differenziali, con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA, è riconosciuto come protezione addizionale contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione o di incuria da parte degli utilizzatori.

L'uso di tali dispositivi non è riconosciuto quale unico mezzo di protezione contro i contatti diretti e non dispensa dall'applicazione di una delle misure di protezione specificate nei quattro paragrafi precedenti.

La protezione addizionale mediante l'uso di dispositivi di protezione con corrente differenziale nominale d'intevento non superiore a 30 mA è richiesta:

- nei locali ad uso abitativo per i circuiti che alimentano prese a spina con corrente nominale non superiore a 20 A
- per i circuiti che alimentano le prese a spina con una corrente nominale non superiore a 32 A destinate ad alimentare apparecchi utilizzatori mobili usati all'esterno.

4.1.1.6 Protezione per limitazione di corrente

Per alcune apparecchiature speciali nelle quali una parte metallica accessibile si trova collegata ai circuiti attivi tramite un'impedenza di valore elevato (es. interruttori a contatto, antenne televisive, recinzioni elettriche, apparecchi elettromedicali) la salvaguardia contro l'elettrocuzione deve essere garantita dal costruttore, limitando la corrente destinata ad attraversare il corpo umano durante il servizio ordinario ad 1 mA in corrente alternata oppure 3 mA in corrente continua con carica disponibile $\leqslant 0.5\ \mu C$.

Per le parti metalliche che non devono essere toccate durante il servizio ordinario è concessa sulle apparecchiature una tensione di contatto che non dia origine attraverso il corpo di una persona ad una corrente superiore a 3.5 mA in c.a. oppure 10 mA con carica disponibile $\leqslant 50\ \mu C$.

4.1.1.7 Protezione per limitazione della carica elettrica residua dei condensatori

Oltre un certo limite di capacità, rapportato al valore di carica del condensatore è necessario proteggere i morsetti dei condensatori per evitare che un'eventuale elettrocuzione dovuta alla corrente di scarica, pur impulsiva, possa produrre effetti pericolosi sulle persone; tali limiti sono:

- 0.16 μF a 230 V
- 0.09 μF a 400 V
- 0.07 μF a 500 V
- 0.03 μF a 1000 V

Oltre tali valori i condensatori devono avere una resistenza di scarica in parallelo che riduca in meno di 5 s la tensione ai loro capi ad un valore inferiore a 60 Vcc, oppure oppure devono essere autonomamente protetti contro il contatto accidentale (con grado di protezione minimo IP2X).

4.1.2 Protezione contro i contatti diretti nei sistemi a bassissima tensione (categoria 0)

L'impiego della bassissima tensione di sicurezza (SELV) o della bassissima tensione di protezione (PELV) consente di realizzare una protezione 'combinata' sia contro i contatti diretti che contro i contati indiretti.

4.2 Protezione contro i contatti indiretti

Per **contatto indiretto** si intende il contatto con una massa o con una parte conduttrice connessa con la massa, durante un guasto d'isolamento.

(Per **massa** si intende una qualsiasi parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto. Una parte conduttrice che può andare in tensione solo perchè è in contatto con una massa , ad es. la mensola di sostegno di un canale portacavi (che è una massa), non è da considerarsi una massa).

4.2.1 Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di bassa tensione (I categoria)

Per ottenere la protezione contro i contatti diretti nei sistemi BT si fa riferimento alle prescrizioni della norma CEI 64-8 Parte 4 Cap.41 Sez.413.

4.2.1.1 Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

L'interruzione automatica dell'alimentazione è richiesta quando si possono avere effetti fisiologici dannosi in una persona, in caso di guasto, a causa del valore e della durata della tensione di contatto.(Fascicolo CEI 4985 R). Questa misura di protezione richiede il coordinamento tra il modo in cui il sistema è collegato a terra, le caratteristiche dei conduttori di protezione e le caratteristiche d'intervento dei dispositivi di protezione.

Un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito od al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti, in modo che, in caso di guasto, nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva e una massa o un conduttore di protezione , non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore alla tensione di contatto limite convenzionale. Tuttavia, indipendentemente dalla tensione di contatto, in alcune circostanze è permesso un tempo di interruzione, il cui valore dipende dal tipo di sistema, non superiore a 5 s (vd. Sistemi TN) oppure ad 1 s (vd. Sistemi TT).

Le masse devono essere tutte collegate a un conduttore di protezione nelle condizioni specifiche di ciascun modo di collegamento a terra.

Le masse simultaneamente accessibili devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

4.2.1.1.1 Collegamento equipotenziale principale

In ogni edificio il conduttore di protezione, il conduttore di terra, il collettore principale di terra e le seguenti masse estranee e/o parti conduttrici devono essere connesse al collegamento equipotenziale principale:

- I tubi alimentanti servizi dell'edificio, per es. acqua e gas;
- Le parti strutturali metalliche dell'edificio e canalizzazioni del riscaldamento centrale e del condizionamento d'aria;
- Le armature principali dl cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici, se praticamente possibile.

Quando tali parti conduttrici provengano dall'esterno dell'edificio, esse devono essere collegate il più vicino possibile al loro punto di entrata nell'edificio.

Il collegamento equipotenziale principale deve essere collegato a qualsiasi schermo metallico dei cavi di telecomunicazione: deve tuttavia essere ottenuto il consenso dei proprietari o degli utilizzatori di questi cavi. Se il consenso non può essere ottenuto, è responsabilità dei proprietari o degli operatori evitare ogni pericolo dovuto all'esclusione di quei cavi dalla connessione al collegamento equipotenziale principale.

4.2.1.1.2 Collegamento equipotenziale supplementare

Se le condizioni per l'interruzione automatica indicate in precedenza non possono essere soddisfatte in un impianto o in una sua parte, si deve realizzare un collegamento equipotenziale supplementare che comprenda tutte le masse simultaneamente accessibili di componenti fissi dell'impianto e tutte le masse estranee, comprese le armature principali del cemento armato utilizzato nella costruione degli edifici, se praticamente possibile.
Il collegamento equipotenziale deve essere connesso ai conduttori di protezione di tutti i componenti dell'impianto, compresi quelli delle prese a spina.
Il pavimento non isolante deve essere considerato una massa estranea. Pertanto se non è metallico necessita di una rete metallica sottostante collegata al citato collegamento equipotenziale supplementare.
L'uso del collegamento equipotenziale supplementare non dispensa dalla necessità di interrompere l'alimentazione per altre ragioni, per esempio per la protezione contro l'incendio, contro le sollecitazioni termiche in componenti elettrici, ecc.

Quando esistano dubbi sull'efficacia del collegamento equipotenziale locale connesso a terra, si deve accertare che la resistenza R tra ogni massa ed ogni massa estranea simultaneamente accessibile soddisfi la seguente condizione:

$$R \bullet U_l / I_a$$

Dove:
I_a è la corrente (in A) che provoca il funzionamento automatico entro 5 s del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

4.2.1.1.3 Coordinamento nel sistema TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro o, se non esiste, un conduttore di linea, di ogni trasformatore o di ogni generatore, deve essere collegato a terra in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra R_E.

Nei sistemi TT si devono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale e deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E * I_{dn} \leq U_l$$

Dove:

- R_E è la resistenza del dispersore in ohm;
- I_{dn} è la corrente nominale differenziale in ampere.
- U_l è la tensione di contatto in Volt (pari a 50 Volt in condizioni normali, 25 V in alcune condizioni particolari)

Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s. La protezione contro i contatti indiretti è assicurata anche quando l'impedenza di guasto non sia trascurabile.

Per ragioni di selettività, si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S (vedere Norme CEI EN 61008-1(CEI 23-42), CEI EN 61009-1(CEI 23-44), CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) in serie con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale.

Se la condizione precedente non può essere soddisfatta, si deve realizzare un collegamento equipotenziale supplementare secondo i criteri descritti nel paragrafo precedente.

In caso di correnti pulsanti unidirezionali è necessario ricorrere ad interruttori differenziali di tipo A, mentre per permettere la salvaguardia anche contro i guasti a massa delle apparecchiature elettroniche (PC, azionamenti, UPS,etc…) si utilizzano differenziali di tipo B.

4.2.1.2 Protezione mediante impiego di componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente

Questa misura è destinata ad impedire il manifestarsi di una tensione pericolosa sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale.

Quando sia usata la misura di protezione mediante isolamento doppio o rinforzato per il completo impianto o per una sua parte, i componenti elettrici devono rispettato i seguenti requisiti:

- Requisiti A, oppure
- Requisiti B e requisiti D, oppure
- Requisiti C e requisiti D

di seguito dettagliati_

Requisiti A
I componenti elettrici devono essere dei seguenti tipi, essere stati sottoposti alle prove di tipo ed essere contrassegnati in accordo con le relative norme:
• componenti elettrici aventi un isolamento doppio o rinforzato (componenti elettrici di Classe II);
• componenti elettrici dichiarati nelle relative Norme come equivalenti alla Classe II, come per esempio quadri aventi un isolamento completo (Norma CEI EN 60439-1, CEI 17-13/1).
(Questi componenti elettrici sono identificati dal segno grafico ⧈)

Requisiti B
I componenti elettrici provvisti solo di un isolamento principale devono avere un isolamento supplementare applicato durante la loro installazione, che presenti un grado di sicurezza equivalente a quello dei componenti elettrici descritti alla voce "*Requisiti A*" e che soddisfi le condizioni specificate nei "*Requisiti D*"

(Si raccomanda di applicare il segno grafico sull'esterno ed all'interno dell'involucro.)

Requisiti C
I componenti elettrici aventi parti attive non isolate devono avere un isolamento rinforzato applicato a tali parti attive durante la loro installazione, che presenti un grado di sicurezza equivalente a quello dei componenti elettrici descritti alla voce "*Requisiti A*" e che soddisfi le condizioni specificate nei "*Requisiti D*", tenendo presente che tale isolamento è ammesso solo quando esigenze costruttive impediscano la applicazione del doppio isolamento.

(Si raccomanda di applicare il segno grafico sull'esterno ed all'interno dell'involucro.)

Requisiti D
Quando i componenti elettrici sono pronti per funzionare, tutte le parti conduttrici, separate dalle parti attive solo mediante isolamento principale, devono essere contenute in un involucro isolante che presenti almeno il grado di protezione IPXXB.
Tale involucro deve soddisfatte le seguenti prescrizioni:

- l'involucro isolante non deve essere attraversato da parti conduttrici suscettibili di propagare un potenziale, e

•l'involucro isolante non deve avere viti od altri mezzi di fissaggio di materiale isolante che potrebbero avere la necessità di essere rimossi o che siano tali da potere essere rimossi durante l'installazione o la manutenzione, la cui sostituzione con viti metalliche o con altri mezzi potrebbe compromettere l'isolamento offerto dall'involucro.

Quando l'involucro isolante debba essere attraversato da giunzioni o connessioni meccaniche (per esempio da organi di comando di apparecchi incorporati), queste devono essere disposte in modo tale che la protezione contro i contatti indiretti non risulti compromessa.

Se l'involucro isolante è provvisto di porte o coperchi che possono essere aperti senza l'uso di una chiave o di un attrezzo, tutte le parti conduttrici, che sono accessibili quando una porta o un coperchio sia aperto, devono trovarsi dietro una barriera isolante con un grado di protezione non inferiore a IPXXB che impedisca alle persone di venire a contatto con tali parti; questa barriera isolante deve poter essere rimossa solo con l'uso di un attrezzo o di una chiave.

Le parti conduttrici racchiuse nell'involucro isolante non devono essere collegate ad un conduttore di produzione. Si possono tuttavia prendere provvedimenti per collegare i conduttori di protezione che debbono attraversare l'involucro per collegare altri componenti elettrici il cui circuito di alimentazione passi pure attraverso l'involucro. All'interno dello stesso involucro, tali conduttori ed i loro morsetti devono essere isolati come se fossero parti attive ed i loro morsetti devono essere contrassegnati in modo appropriato. Le parti conduttrici accessibili e le parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò sia previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente elettrico.

L'involucro non deve nuocere alle condizioni di funzionamento del componente elettrico protetto secondo questa misura di protezione.

L'installazione di tutti i componenti elettrici sopraccitati (fissaggio, collegamento dei conduttori, ecc.) deve essere effettuata in modo da non danneggiare la protezione assicurata, secondo prescrizioni di costruzione degli stessi componenti elettrici.

Sono considerate in accordo con questa misura di protezione, per i sistemi elettrici con tensioni nominali non superiori a 690 V, le condutture elettriche costituite da:

•cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;

•cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante, rispondente alle rispettive Norme;

•cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno.

(Non è necessario che queste condutture vengano identificate dal segno grafico ☐)
Le parti metalliche in contatto con le precedenti condutture non sono da considerare masse.

4.3 Protezione contro le sovracorrenti

Per ***sovracorrente*** si intende ogni corrente che supera il valore nominale caratteristico dell'apparecchiatura, del dispositivo o dell'utenza, ovvero nel caso delle condutture, che ne supera la portata. Una corrente si manifesta in seguito ad un sovraccarico oppure ad un cortocircuito,

Il *sovraccarico* si verifica in un circuito elettricamente non guasto allorché l'assorbimento delle utenze è superiore a quello previsto in fase di dimensionamento dell'impianto.

Il *cortocircuito* si verifica in seguito ad un guasto; l'isolamento tra i conduttori dei circuiti attivi o tra questi e la terra viene meno per cui si stabilisce una corrente di cortocircuito il cui valore dipende da una serie di parametri: potenza a disposizione, tensione, impedenza dei circuiti etc..). il guasto, e di conseguenza la sovracorrente che ne deriva, può essere *franco*, vale a dire permanente oppure transitorio. In un sistema trifase il guasto può interessare le tre fasi, due fasi, una fase ed il neutro, oppure una fase e la terra.

All'instaurarsi del guasto, la sovracorrente può assumere per un istante valori di picco mediamente da 1,4 a 2,8 volte superiori al valore di cresta della corrente di cortocircuito successiva.

La protezione contro le sovracorrenti si effettua mediante dispositivi di protezione, in grado di rilevare l'entità della corrente e di intervenire, entro un tempo specificato, quando questa supera un valore predeterminato. La soglia d'intervento dei dispositivi di protezione viene detta *corrente convenzionale di funzionamento*.

I conduttori attivi devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico o un cortocircuito con l'eccezione del caso in cui la sovracorrente sia limitata per mezzo alle caratteristiche dell'alimentazione, secondo le modalità di seguito descritte. Le protezioni contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti devono inoltre essere coordinate tra loro.

I conduttori attivi protetti contro i sovraccarichi in accordo con le disposizioni di seguito riportate sono considerati protetti anche contro guasti che siano tali da dare luogo a sovracorrenti aventi valori dello stesso ordine di grandezza di quelli dei sovraccarichi.

Per la protezione dei cavi flessibili a posa fissa ma movimentati durante l'uso valgono le prescrizioni successivamente riportate.

I cavi flessibili utilizzati per alimentare componenti elettrici od apparecchi utilizzatori collegati per mezzo di prese a spina agli impianti fissi non vanno necessariamente protetti contro i sovraccarichi.

I dispositivi di protezione devono essere scelti tra una delle tre seguenti categorie:

- *Dispositivi che assicurano la protezione sia contro i sovraccarichi sia contro i cortocircuiti*

  Questi dispositivi di protezione devono essere in grado di interrompere qualsiasi sovracorrente, sino alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui i dispositivi sono installati,secondo quanto previsto per i dispositivi di protezione contro i cortocircuiti. Essi devono soddisfare le prescrizioni specifiche per i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi riportate nel paragrafo 4.3.1.

  Tali dispositivi di protezione possono essere:

  - interruttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente;
  - interruttori combinati con fusibili;
  - fusibili (il fusibile comprende tutte le parti che formano il dispositivo di protezione completo)

- *Dispositivi che assicurano solo la protezione contro i sovraccarichi*

  Sono dispositivi di protezione con una caratteristica di funzionamento generalmente a tempo inverso, il cui potere di interruzione può essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui essi sono installati. Questi dispositivi devono soddisfare le prescrizioni specifiche per i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi riportate nel paragrafo 3.3.1.

•*Dispositivi che assicurano solo la protezione contro i cortocircuiti*

Questi dispositivi possono essere utilizzati quando la protezione contro i sovraccarichi sia ottenuta con altri mezzi o quando, in accordo con le prescrizioni del paragrafo 3.3.1, la protezione contro i sovraccarichi possa o debba venire omessa. Essi devono essere in grado di interrompere ogni corrente di cortocircuito inferiore od uguale alla corrente di cortocircuito presunta e devono soddisfare le prescrizioni della Sezione 3.3.2.

Tali dispositivi possono essere:

- interruttori automatici con sganciatori di sovracorrente;
- fusibili, di tipo gG od aM.

Le caratteristiche tempo/corrente dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti devono essere in accordo con quelle specificate nelle Norme CEI relative ad interruttori automatici ed a fusibili di potenza.
L'utilizzo di altri dispositivi di protezione non è escluso a condizione che le loro caratteristiche tempo/corrente assicurino la protezione di seguito specificata.

Nei sistemi TT e TN i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti devono generalmente trovare posto su tutte e tre le fasi, per fronteggiare sia i guasti fase-fase che quelli fase-terra. Sia nei circuiti trifase che in quelli bifase è possibile omettere la protezione di un conduttore di fase in presenza di un interruttore differenziale con potere di interruzione differenziale superiore alla corrente presunta di cortocircuito monofase a terra. Nei circuiti trifase più neutro questa omissione non è adottabile in quanto il differenziale non sarebbe in grado di rilevare un eventuale cortocircuito fase-neutro.

Nei sistemi IT è sempre necessario che il dispositivo di protezione contro le sovracorrenti sia multipolare. L'uso di fusibili è pertanto da scartare, in quanto l'intervento per secondo guasto a terra di un solo fusibile, per esempio quello posto sul neutro di una derivazione fase-neutro, comporterebbe per l'utenza una pericolosa continuità di alimentazione alla tensione concatenata anziché quella stellata.

Protezione del conduttore di neutro

Nei sistemi TN e TT, nei circuiti fase-neutro è sufficiente proteggere il conduttore di fase, poiché il neutro non dà solitamente origine a sovracorrenti in seguito ad un guasto a terra.
Nei circuiti trifase più neutro i dispositivi di protezione di fase assolvono alla protezione del neutro solo se la sezione di quest'ultimo è la stessa dei conduttori di fase; altrimenti è necessario che i dispositivi abbiano caratteristiche tali da salvaguardare anche un conduttore di sezione ridotta, qual'è appunto il neutro. Il conduttore di neutro, anche se di sezione inferiore a quella di fase non è necessario che venga protetto se si ha la certezza che la massima corrente che lo può attraversare in servizio ordinario è sicuramente inferiore alla sua portata.

Il conduttore di neutro dei circuiti quadripolari non deve essere protetto tramite un fusibile, poiché se quest'ultimo dovesse fondersi o venisse rimosso, gli apparecchi monofase alimentati tra fase e neutro verrebbero alimentati da una tensione non più pari a quella stellata.
Il conduttore di fase va sempre protetto contro il sovraccarico sugli impianti trifase più neutro in presenza di armoniche.

Nei sistemi TNC, dove esiste il conduttore PEN che non può essere interrotto, la rilevazione di sovracorrenti sul neutro, quando necessaria, va effettuata mediante rilevatori ad induzione che agiscono provocando l'apertura di un interruttore automatico a tre poli.

Nei sistemi IT è raccomandabile non distribuire il conduttore di neutro.

4.3.1 Protezione contro le correnti di sovraccarico

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circondante le condutture.

- *Coordinamento tra conduttori e dispositivi di protezione*

  Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

  $$_1 I_B \leq I_n \leq I_z$$
  $$_2 I_f \leq 1.45 * I_z$$

  dove:
  I_B = corrente di impiego del circuito
  I_z = portata in regime permanente della conduttura;
  I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (per i dispositivi di protezione regolabili la corrente nominale I_n è la corrente di regolazione scelta).

  I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

  La protezione appena descritta non assicura, in alcuni casi, una protezione completa, per esempio contro le sovracorrenti prolungate inferiori ad If, né rappresenta necessariamente la soluzione più economica. Si suppone pertanto che il circuito sia progettato in modo che non si presentino frequentemente piccoli sovraccarichi di lunga durata.

- *Protezione contro i sovraccarichi di conduttori in parallelo*

  Quando lo stesso dispositivo di protezione protegge diversi conduttori in parallelo, si assume per I_z la somma delle portate dei singoli conduttori, a condizione tuttavia che i conduttori siano disposti in modo da portare correnti sostanzialmente uguali. In pratica, questa condizione è accettabile solo se le singole condutture hanno le stesse caratteristiche elettriche (natura, modo di posa, lunghezza, sezione) e non hanno alcun circuito di derivazione lungo il loro percorso. Una verifica può tuttavia essere opportuna.

- *Protezione contro i sovraccarichi in presenza di più condutture*

  Un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi è in grado di proteggere anche più condutture che da esso si dipartono radicalmente, purché le loro portate soddisfino entrambe le condizioni di coordinamento indicate ai punti 1. e 2 di cui sopra.
  Lo stesso dicasi nel caso in cui a valle del dispositivo si trova una conduttura dalla quale ne vengono derivate altre.
  L'eventuale non rispetto delle condizioni di coordinamento comporta la necessità di installare ulteriori dispositivi di protezione, commisurati alle caratteristiche delle condutture a valle.

• *Posizione dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi*

Nei sistemi TT e TN il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi può essere installato in un punto qualsiasi della conduttura, purché a monte di tale punto non vi siano derivazioni o prese a spina.

Nei sistemi IT, dove la corrente di doppio guasto a terra in due circuiti diversi può assumere un valore inferiore a quello della corrente di cortocircuito minima di uno dei due circuiti, il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi va installato sempre all'inizio della conduttura, per poter fronteggiare anche l'eventuale corrente di sovraccarico per doppio guasto a terra. La norma *CEI 64-8* consente di derogare a quanto sopra purché l'impianto IT

-sia dotato di un interruttore differenziale su ogni circuito non protetto contro i sovraccarichi

-sia dotato di componenti e condutture in Classe II o con isolamento equivalente

• *Omissione dei dispositivi di protezione contro i sovraccarichi*

Non è necessario prevedere dispositivi di protezione contro i sovraccarichi per:

a) le condutture situate a valle di variazioni di sezione, di natura, di modo di posa o di costituzione, ed effettivamente protette contro i sovraccarichi da dispositivi di protezione posti a monte;

b) le condutture che alimentino apparecchi utilizzatori che non possono dare luogo a correnti di sovraccarico, a condizione che queste condutture siano protette contro i cortocircuiti che non abbiano né derivazioni né prese a spina;

c) gli impianti di telecomunicazione, comando, segnalazione e simili.

I vari casi indicati nel presente paragrafo non si applicano, con l'eccezione di quanto indicato nel seguente punto a), agli impianti elettrici situati in luoghi che presentano maggior rischio in caso di incendio o pericolo di esplosione, né agli impianti elettrici di ambienti ed applicazioni particolari.

L'omissione della protezione contro i sovraccarichi è raccomandata per i circuiti che alimentano apparecchi utilizzatori in cui l'apertura intempestiva del circuito potrebbe essere causa di pericolo.

Esempi di tali casi sono:

- i circuiti di eccitazione delle macchine rotanti;
- i circuiti di alimentazione degli elettromagneti di sollevamento;
- i circuiti secondari dei trasformatori di corrente;
- i circuiti che alimentano dispositivi di estinzione dell'incendio.

In tali casi è raccomandabile prevedere un dispositivo di allarme che segnali eventuali sovraccarichi.

4.3.2 Protezione contro le correnti di cortocircuito

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni.

• Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti

Ogni dispositivo di protezione contro i cortocircuiti deve rispondere alle due seguenti condizioni:

-Il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. E' tuttavia ammesso l'utilizzo di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore se a monte è installato un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (protezione di sostegno o di back-up). In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia che essi lasciano passare non superi quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo situato a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi. In alcuni casi può essere necessario prendere in considerazione, per i dispositivi situati a valle, altre caratteristiche, quali le sollecitazioni dinamiche e l'energia d'arco. Le informazioni necessarie devono essere ottenute dai costruttori di questi dispositivi (il coordinamento tra interruttori può essere realizzato solo in seguito a prove di laboratorio, di conseguenza la protezione di back-up può essere garantita solo dal costruttore dei dispositivi).

-Tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile. Per i cortocircuiti di durata non superiore a 5 s, il tempo t necessario affinché una data corrente di cortocircuito porti i conduttori dalla temperatura massima ammissibile in servizio ordinario alla temperatura limite può essere calcolato, in prima approssimazione, con la formula

- $t=K*S/I$

dove:
t =durata in secondi
S =sezione in mm^2;
I =corrente effettiva di cortocircuito in Ampere, espressa in valore efficace;
K = 115 per i conduttori in rame isolati con PVC;
135 per i conduttori in rame isolati con gomma ordinaria o gomma butilica;
143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato;
74 per i conduttori in alluminio isolati con PVC;
87 per i conduttori in alluminio isolati con gomma ordinaria, gomma butilica, gomma etilenpropilenica o propilene reticolato;
115 corrispondente ad una temperatura di 160 °C, per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in rame.

Per durate molto brevi (< 0,1 s) dove l'asimmetria della corrente è notevole e per i dispositivi di protezione limitatori di corrente, K^2S^c deve essere superiore al valore dell'energia (I^2t) indicata dal costruttore del dispositivo di protezione come quella lasciata passare da questo dispositivo.
La corrente nominale del dispositivo di protezione contro i cortocircuiti può essere superiore alla portata dei conduttori del circuito.

- *Protezione contro i cortocircuiti di conduttori in parallelo*

Un unico dispositivo può proteggere contro i cortocircuiti più conduttori in parallelo, a condizione che le caratteristiche di funzionamento del dispositivo ed il modo di posa dei conduttori in parallelo siano coordinati in modo appropriato.
N.B.: Si deve tener conto delle condizioni che potrebbero presentarsi nel caso di cortocircuiti che non interessino tutti i conduttori.

- *Posizione dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti*

Un dispositivo che assicuri la protezione contro i cortocircuiti deve essere posto nel punto in cui una riduzione della sezione dei conduttori od un'altra variazione dia luogo a una riduzione del coefficiente K, cioè all'inizio di ogni conduttura, con le eccezioni di seguito riportate.
E' permesso disporre dispositivi di protezione contro i cortocircuiti in un punto diverso da quello appena specificato purché:

-Il tratto di conduttura tra il punto di riduzione della sezione, o di un'altra variazione, e la posizione del dispositivo di protezione soddisfa contemporaneamente le quattro condizioni seguenti:
a)la sua lunghezza non supera 3 m;
b)è realizzato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito (questa condizione può essere ottenuta per esempio rinforzando la protezione della conduttura contro le influenze esterne).
c)non è posto vicino a materiale combustibile;
d)non è posto in impianti situati in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o con pericolo di esplosione.

Oppure:

-Un dispositivo di protezione posto a monte della riduzione di sezione, o di un'altra variazione, possiede una caratteristica di funzionamento tale da proteggere contro i cortocircuiti, in accordo con quanto specificato nei paragrafi precedenti la conduttura situata a valle.

- *Omissione dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti*

E' ammesso non prevedere dispositivi di protezione contro i cortocircuiti per:

-le condutture che collegano generatori, trasformatori, raddrizzatori, batterie di accumulatori ai rispettivi quadri di comando e protezione, quando i dispositivi di protezione siano posti su questi quadri;

-i circuiti la cui apertura potrebbe comportare pericoli per il funzionamento degli impianti interessati, quali quelli per cui è raccomandata l'omissione della protezione contro i sovraccarichi, precedentemente citati.

-alcuni circuiti di misura;

a condizione che siano soddisfatte contemporaneamente le due condizioni seguenti:

a) la conduttura sia realizzata in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito;

b) la conduttura non sia posta in vicinanza di materiali combustibili.

4.3.2.1 Calcolo e stima delle correnti di cortocircuito

Nei sistemi TT alimentati in bassa tensione dall'ente distributore di energia, la corrente massima di cortocircuito (I_{kmax}) nel punto di fornitura è fornita dall'ente stesso.

Nei sistemi TN e IT, alimentati da proprie cabine di trasformazione, il valore della massima corrente di cortocircuito (I_{kmax}) ai capi di ogni trasformatore MT/BT dipende dai parametri circuitali sul lato MT e dalle caratteristiche del trasformatore. Proseguendo sulle linee, a valle del punto di trasformazione, la corrente di cortocircuito va decrescendo in funzione all'impedenza dei circuiti a monte.

Di seguito sono riportate formule e tabelle di stima che consentono un valutazione più o meno approssimata, sempre in favore della sicurezza, nei diversi punti di un circuito di distribuzione.

4.3.2.1.1 Punto di trasformazione MT/BT

Il contributo al cortocircuito desunto in relazione all'impedenza del lato MT si può calcolare in funzione della corrente di cortocircuito (I_{kMT}) fornita dall'ente distributore.

L'impedenza del lato MT (Z_{MT}) è pari a:

$$Z_{MT} = U_{MT} / (\bullet 3\ I_{kMT})$$

oppure, se si dispone della potenza apparente di cortocircuito (S_k)

$$Z_{MT} = U^2_{MT} / S_k$$

L'impedenza equivalente sul lato BT è pari a:

$$Z_{mt} = Z_{MT} / n^2$$

dove n è il rapporto di trasformazione della macchina ovvero $n = U_{MT} / U_{BT}$.

L'impedenza equivalente secondaria Z_T di un trasformatore MT/BT è, invece, pari a

$$Z_T = (U_k\%/100)(U^2_n / S)$$

Dove:

-U_k % è il valore percentuale della tensione di cortocircuito del trasformatore (di solito 4% o 6%)

-U_n è la tensione nominale secondaria del trasformatore (di solito 400 V)

-S è la potenza apparente nominale del trasformatore

Nota Z_T la corrente di cortocircuito massima(I_{kmax}) ai morsetti secondari del trasformatore è calcolabile in relazione al tipo di guasto considerato.

In caso di guasto fase-neutro o fase-terra (ipotizzando nulla l'impedenza del collegamento a terra del centro stella del trasformatore)

$$I_{kmax} = U_n / [\bullet 3(Z_{mt} + Z_T)]$$

La stessa formula è valida per un guasto trifase, mentre per guasto tra fase e fase (bifase) la formula diviene

$$I_{kmax} = U_n / [2(Z_{mt} + Z_T)]$$

I calcoli appena descritti possono essere evitati se il fabbricante del trasformatore forniscono i dati dalla massima corrente di cortocircuito ai morsetti secondari in funzione della potenza, della tensione nominale e della tensione percentuale di cortocircuito della macchina.

4.3.2.1.2 Punti lungo la rete di distribuzione BT

Per determinare la corrente di cortocircuito che si può manifestare lungo la rete radiale di distribuzione in bassa tensione occorre prendere in considerazione la sommatoria delle impedenze di tutto ciò che sta a monte del punto in questione, comprese le impedenze equivalenti del trasformatore precedentemente ricavate.
L'impedenza delle condutture, sia in cavo che in condotto prefabbricato, è pari a

$$Z_c = \bullet (R^2_c + X^2_c)$$

Dove R_c e X_c sono la resistenza e la reattanza del conduttore, fornite dal costruttore in funzione della tipologia e della sezione della conduttura.
In caso di sezioni e/o tipologia di conduttura variabili, l'impedenza complessiva della linea si ricava dalla sommatoria delle resistenze e delle reattanze dei vari tratti secondo la formula seguente:

$$Z_c = \bullet [(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2]$$

L'impedenza totale a monte del punto in cui si vuole determinare la corrente di cortocircuito è data dalla somma delle varie impedenze:

$$Z_f = Z_c + Z_a + Z_m + Z_T$$

Dove:

- Z_c è l'impedenza dei tratti in conduttura
- Z_a è l'impedenza interna dei dispositivi di comando e protezione
- Z_{mt} è l'impedenza del lato media tensione, riportata sul lato bassa tensione
- Z_T è l'impedenza equivalente del trasformatore MT/BT

La corrente di cortocircuito risulta quindi:

- In caso di guasto fase-neutro o fase-terra

$$I_k = U_n / [\bullet 3(Z_f + Z_t)]$$

Dove Z_t è l'impedenza del conduttore di protezione o del conduttore di neutro.

- In caso di guasto fase-fase (bifase)

$$I_k = U_n (2(Z_f]$$

- In caso di guasto trifase

$$I_k = U_n / (\bullet 3(Z_f)$$

4.3.3 Coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti

Se un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi è in accordo con le prescrizioni per la protezione contro le correnti di sovraccarico, ed ha un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione, si considera che esso assicuri anche la protezione contro le correnti di cortocircuito della conduttura situata a valle di quel punto.
Questo può non essere valido per alcuni tipi di interruttori, specialmente per i tipi che non limitano la corrente, per l'intera gamma delle correnti di cortocircuito; in questi casi la sua validità deve essere verificata conformemente alle prescrizioni relative ai dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.

Se la protezione contro sovraccarico e cortocircuito è assicurata da dispositivi distinti si applicano separatamente le prescrizioni relative ai dispositivi di protezione contro i sovraccarichi e le prescrizioni per i dispositivi di protezione contro i cortocircuiti, per i rispettivi dispositivi.
Le caratteristiche dei dispositivi devono essere coordinate in modo tale che l'energia (I^2t) lasciata passare dal dispositivo di protezione contro i cortocircuiti non superi quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo di protezione contro i sovraccarichi.

4.3.4 Limitazione delle sovracorrenti per mezzo delle caratteristiche dell'alimentazione

I conduttori non necessitano di protezione contro le correnti di sovraccarico e di cortocircuito se sono alimentati da una sorgente che non sia in grado di fornire una corrente superiore alla portata dei conduttori (per es. alcuni trasformatori per suonerie, alcuni trasformatori per saldature ed alcuni tipi di gruppi elettrogeni).

4.3.5 Selettività da sovracorrenti

La selettività ha lo scopo di ridurre l'entità del disservizio in caso di sovraccarico o cortocircuito, disalimentando solo l'utenza o il ramo circuitale interessato dall'anomalia o dal guasto.

La *selettività orizzontale* si ottiene per via circuitale, realizzando alimentazioni in configurazione radiale, ognuna protetta contro le sovracorrenti.
La *selettività verticale* si realizza tra due dispositivi di protezione posti in serie e consiste nel far sì che il dispositivo a valle intervenga ad aprire il circuito prima di quello a monte.
Non è sempre possibile realizzare una *selettività totale*, cioè per qualsiasi valore della sovracorrente. A volte è necessario o opportuno limitarsi ad una *selettività parziale*, limitata cioè entro un valore massimo della sovracorrente presunta.
Nel caso di sovraccarico la selettività è garantita dal fatto che la curva di intervento del disposto a valle risulti completamente al di sotto di quella dell'interruttore a monte.
Nel caso di cortocircuito in genere non si riesce ad ottenere una selettività assoluta poiché al di sopra di un certo valore le curve d'intervento si equivalgono, e quindi non è possibile stabilire a priori quale interruttore interverrà per primo.
Per ottenere una selettività verticale assoluta anche nel caso di corrente di cortocircuito è possibile:

-Installare a valle un interruttore limitatore che, per sua natura, intervenga entro pochi millisecondi, ed a monte un interruttore tradizionale.

-Installare, a monte, un interruttore di categoria di utilizzazione B, specificamente previsto per la selettività in cortocircuito rispetto ad altri dispositivi di protezione posti a valle. Questo genere di interruttori sono dotati di un ritardo intenzionale regolabile che si attiva on caso di cortocircuito; Durante tale intervallo di ritardo il dispositivo è in grado di sopportare una corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw}) che deve essere superiore alla massima corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

La selettività tra fusibili di tipo gG (a campo pieno per uso generale) è assicurata quando il rapporto tra le correnti nominali dei due dispositivi in serie è uguale o superiore a 1,6.

5 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER AMBIENTI A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO (MARCI)

Un luogo a maggior rischio in caso di incendio è un luogo in cui il rischio relativo all'incendio è maggiore che in un luogo ordinario.

5.1Classificazione ambienti MARCI

Si distinguono tre tipologie di ambienti a maggior rischio in caso di incendio:

- Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento in caso di incendio o per l'elevato danno ad animali e cose

  Rientrano in questo caso ad esempio ospedali, le carceri, i locali sotterranei frequentati dal pubblico.

- Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio in quanto aventi strutture portanti combustibili

  Rientrano in questi ambienti gli edifici costruiti interamente in legno senza particolari requisiti antincendio, come ad esempio le baite.

  Un edificio con strutture non combustibili come per es. in muratura o calcestruzzo con le sole travi in legno, non rientra tra gli edifici previsti in questo articolo.

- Ambienti a maggior rischio in caso d'incendio per la presenza di materiale infiammabile o combustibile in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito di detti materiali.

5.2Criteri di esecuzione degli impianti elettrici negli ambienti MARCI

Ai fini della protezione contro l'incendio, gli impianti elettrici da realizzarsi nei luoghi MARCI devono essere conformi alle prescrizioni integrative che seguono.

Quando in un ambiente sussistono le condizioni per ricadere in più di un gruppo di ambiente tra quelli di cui sopra, le prescrizioni integrative seguenti per gli impianti elettrici si sommano.

5.2.1Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per i componenti elettrici escluse le condutture

Le seguenti misure vanno adottate in tutti i tipi di ambienti MARCI.

I componenti elettrici devono essere limitati a quelli necessari per l'uso degli ambienti stessi, fatta eccezione per le condutture, le quali possono anche transitare.

Nel sistema di vie d'uscita non devono essere installati componenti elettrici contenenti fluidi infiammabili. I condensatori ausiliari incorporati in apparecchi non sono soggetti a questa prescrizione.

Negli ambienti nei quali è consentito l'accesso e la presenza del pubblico, i dispositivi di manovra, controllo e protezione, fatta eccezione per quelli destinati a facilitare l'evacuazione, devono essere posti in luogo a disposizione esclusiva del personale addetto o posti entro involucri apribili con chiave o attrezzo.

Tutti i componenti elettrici non devono costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti (conformemente alle prescrizioni della Sezione 422 della norme *CEI 64-8*), sia in funzionamento ordinario dell'impianto sia in situazioni di guasto dell'impianto stesso, tenuto conto dei dispositivi di protezione.Questo può essere ottenuto mediante un'adeguata costruzione dei componenti dell'impianto o mediante misure di protezione addizionali da prendere durante l'installazione.

Gli apparecchi d'illuminazione devono essere mantenuti ad adeguata distanza dagli oggetti illuminati, se questi ultimi sono combustibili. Salvo diversamente indicato dal costruttore, per i faretti e i piccoli proiettori tale distanza deve essere almeno:

- 0,5m: fino a 100 W;
- 0,8m: da 100 a 300 W;
- 1 m: da 300 a 500 W.

Gli apparecchi d'illuminazione con lampade che, in caso di rottura, possono proiettare materiale incandescente, quali ad esempio le lampade ad alogeni e ad alogenuri, devono essere del tipo con schermo di sicurezza per la lampada e installati secondo le istruzioni del costruttore

Le lampade e altre parti componenti degli apparecchi d'illuminazione devono essere protette contro le prevedibili sollecitazioni meccaniche. Tali mezzi di protezione non devono essere fissati sui portalampade a meno che essi non siano parte integrante dell'apparecchio d'illuminazione.

I dispositivi di limitazione della temperatura devono essere provvisti di ripristino solo manuale.

Gli involucri di apparecchi elettromagnetici, quali riscaldatori, resistori, ecc., non devono raggiungere temperature più elevate di quelle relative agli apparecchi d'illuminazione. Questi apparecchi devono essere per costruzione o installazione realizzati in modo da impedire qualsiasi accumulo di materiale che possa influenzare negativamente la dissipazione del calore.

5.2.2Prescrizioni comuni di protezione contro l'incendio per le condutture

Le condutture devono essere tali da *non causare l'innesco* e/o *la propagazione degli incendi*.

Le seguenti misure vanno adottate in tutti i tipi di ambienti MARCI.

Generalmente i fattori che causano incendi nelle condutture elettriche sono: cortocircuiti, riscaldamenti, contatti elettrici e coinvolgimento delle condutture stesse in incendi; per tanto, esse devono essere realizzate in modo da non essere né causa d'innesco né causa di propagazione di incendi, indipendentemente dai fattori elettrici e/o fisici che li hanno causati.

Per il raggiungimento degli scopi sopra prefissati, le condutture devono essere realizzate e protette come indicato nei punti seguenti.

- Le condutture che attraversano questi luoghi, ma che non sono destinate all'alimentazione elettrica al loro interno, non devono avere connessioni lungo il percorso all'interno di questi luoghi a meno che le connessioni siano poste in involucri che soddisfino la prova contro il fuoco (come definita nelle relative norme di prodotto), per esempio soddisfino le prescrizioni per le scatole da parete in accordo con la norma CEI EN 60670 (CEI 23-48).
- È vietato l'uso dei conduttori PEN (schema TN-C); la prescrizione non è valida per le condutture che transitano soltanto.
- Le condutture elettriche che attraversano le vie d'uscita di sicurezza non devono costituire ostacolo al deflusso delle persone e preferibilmente non essere a portata di mano; comunque se a portata di mano, devono essere poste entro involucri o dietro barriere che non creino intralci al deflusso e che costituiscano una buona protezione contro i danneggiamenti meccanici prevedibili durante l'evacuazione.
- I conduttori dei circuiti in c.a. devono essere disposti in modo da evitare pericolosi riscaldamenti delle parti metalliche adiacenti per l'effetto induttivo, particolarmente quando si usano cavi unipolari.

5.2.2.1Tipi di condutture ammessi

Le condutture (comprese quelle che transitano soltanto) devono essere realizzate in uno dei 10 modi indicati qui di seguito:

GRUPPO A) – CONDUTTURE CHE STRUTTURALAMENTE NON POSSONO NE' INNESCARE NE' PROPAGARE L'INCENDIO

I. Conduttore di qualsiasi tipo incassate in strutture non combustibili;
II. Condutture realizzate con cavi in tubi protettivi metallici o involucri metallici, entrambi con grado di protezione almeno IP4X.
III. Conduttore realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione sprovvisti all'esterno di guaina non metallica.

Per questi tipi di conduttore non sono richiesti ulteriori provvedimenti protettivi.

GRUPPO B) CONDUTTURE CHE NON POSSONO INNESCARE MA POSSONO PROPAGARE L'INCENDIO

I. Condutture realizzate con cavi multipolari muniti di conduttore di protezione concentrico, o di una guaina metallica, o di un'armatura, aventi caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione;
II. Condutture realizzate con cavi ad isolamento minerale aventi la guaina tubolare metallica continua senza saldatura con funzione di conduttore di protezione provvisti all'esterno di guaina non metallica;
III. Condutture realizzate con cavi aventi schermi sulle singole anime o sull'insieme delle anime con caratteristiche tali da poter svolgere la funzione di conduttore di protezione.

I cavi di questo secondo gruppo di condutture non possono costituire una causa d'innesto di incendio, avendo tutti uno schermo metallico tra conduttori attivi ed ambiente esterno, ma presentano sulla superficie esterna materiale isolante, che potrebbe propagare un incendio sviluppatesi per altre cause. Di qui la necessità di prendere provvedimenti per evitare la propagazione dell'incendio lungo la conduttura stessa (vedi relativo paragrafo seguente)

GRUPPO C) CONDUTTURE CHE POSSONO INNESCARE E PROPAGARE L'INCENDIO

IV. Condutture diverse da quelle in a) e b), realizzate con cavi multipolari provvisti di condutture di protezione;
V. Condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di condutture di protezione, contenuti in tubi protettivi metallici o involucri metallici, senza particolare grado di protezione; in questo caso la funzione di conduttore di protezione può essere svolta da tubi o involucri stessi o da un conduttore (nudo o isolato) contenuto in ciascuno di essi;
VI. Condutture realizzate con cavi unipolari o multipolari sprovvisti di condutture di protezione, contenuti in tubi protettivi o involucri, entrambi:
   - Costruiti con materiali isolanti;
   - Installati in vista (non incassati);
   - Con grado di protezione almeno IP4X.

   Qualora i suddetti involucri siano installati in vista e non esistano le relative Norme CEI di prodotto, si devono applicare i criteri di prova indicati nella Tabella riportata nel commento alla Sezione 422 della norma *CEI 64-8*, assumendo per la prova al filo incandescente 850°C anzi che 650°C.

   L'utilizzo di un conduttore di protezione nudo contenuto in ciascun tubo o involucro rappresenta una cautela addizionale

   All'interno di strutture combustibili (pannelli in legno sandwich con coibente) è possibile installare cavi di cui in c) utilizzando tubi protettivi (comprese le guaine flessibili o pieghevoli) realizzate con materiali non propaganti di fiamma (all'interno di strutture combustibili) solo se essi rispondono alle prescrizioni della Norma riguardante i tubi protettivi (CEI En 50086) e presentando un grado di protezione almeno IP4X. Si segnala che in questo caso, quanto indicato al punto appena precedente relativamente all'utilizzo di un conduttore nudo, deve essere considerato come un requisito obbligatorio.Particolare attenzione deve essere inoltre riservata alla portata, tenendo conto al proposito di adeguati coefficienti di riduzione della stessa.

VII. Binari elettrificati e condotti sbarre con grado di protezione almeno IP4X.

Le condutture del gruppo c) sono meno sicure rispetto a quelle dei gruppi a) e b):

- possono propagare l'incendio, analogamente a quelle del gruppo b) , di qui la necessità di prendere provvedimenti per evitare la propagazione dell'incendio lungo la conduttura stessa (vedi relativo paragrafo seguente)
- inoltre possono anche costituire una causa di innesco di incendio e, quindi richiedono ulteriori misure di protezione, descritte nel paragrafo successivo.

5.2.2.2Protezione delle condutture elettriche

I dispositivi contro le sovracorrenti devono essere installati all'origine dei circuiti sia quelli che attraversano i luoghi in esame, sia quelli che si originano nei luoghi stessi (anche per alimentare apparecchi utilizzatori contenuti nel luogo a maggior rischio in caso d'incendio).

Per le condutture appartenenti al gruppo c) del precedente paragrafo, i circuiti devono essere protetti, oltre che con le protezioni generalmente previste contro le sovracorrenti, in uno dei modi seguenti:

a) Nei sistemi TT e TN con dispositivo e corrente differenziale avente corrente nominale d'intervento non superiore a 300 mA anche ad intervento ritardato; quando i guasti resistivi possano innescare un incendio, per esempio per riscaldamento a soffitto con elementi a pellicola riscaldante, la corrente differenziale nominale deve essere I_{dn}=30 mA; quando non sia possibile, per esempio per necessità di continuità di servizio proteggere i circuiti di distribuzione con dispositivo a corrente differenziale avente corrente differenziale non superiore a 300 mA, anche ad intervento ritardato, si può ricorrere, in alternativa, all'uso di un dispositivo differenziale con corrente differenziale non superiore a 1 A ad intervento ritardato.

b) Nei sistemi IT con dispositivo che rileva con continuità le correnti di dispersione verso terra e provoca l'apertura automatica del circuito quando si manifesta un decadimento d'isolamento; tuttavia, quando ciò non sia possibile, per es. per necessità di continuità di servizio, il dispositivo di cui sopra può azionare un allarme ottico ed acustico invece di provocare l'apertura del circuito; adeguate istruzioni devono essere date affinché, in caso di primo guasto, sia effettuata l'apertura manuale il più presto possibile.

Sono escluse dalle prescrizioni a) e b) le condutture:

- facenti parte di circuiti di sicurezza;
- racchiuse in involucri con grado di protezione almeno IP4X, ad eccezione del tratto finale uscente dall'involucro per il necessario collegamento all'apparecchio utilizzatore.

5.2.2.3Requisiti delle condutture per evitare la propagazione dell'incendio

Per le condutture appartenenti ai gruppi b) e c) la propagazione dell'incendio lungo le stesse deve essere evitata in uno dei modi indicati nei punti a) e b) e c) seguenti:

a) utilizzando cavi "non propaganti la fiamma" in conformità con la Norma CEI EN 50265 (CEI 20-35) quando:
   - sono installati individualmente o sono distanziati tra loro non meno di 250 mm nei tratti in cui seguono lo stesso percorso; oppure
   - i cavi sono installati individualmente in tubi protettivi o involucri con grado di protezione almeno IP4X;

b) utilizzando cavi "non propaganti l'incendio" (es. N07V-K, FG7(O)R 0,6/1 kV o FROR 450/750 V) installati in fascio in conformità con la Norma CEI EN 50266 (CEI 20-22 cat. II e /o cat. III); peraltro, qualora essi siano installati in quantità tale da superare il volume unitario di materiale non metallico stabilito dalla Norma CEI EN 50266 per le prove, devono essere adottati provvedimenti integrativi analoghi a quelli indicati in c);

c) adottando sbarramenti, barriere e/o altri provvedimenti come indicato nella Norma CEI 11-17. inoltre, devono essere previste barriere tagliafiamma in tutti gli attraversamenti di solai o pareti che delimitano il compartimento antincendio. Le barriere tagliafiamma devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno pari a quelle richieste per gli elementi costruttivi del solaio o parete in cui sono installate (art. 527.2).

La possibilità di propagare l'incendio da parte di binari elettrificati e condotti sbarre deve essere valutata in relazione ai materiali utilizzati per la loro costruzione o con prove specifiche.

5.3 Prescrizioni aggiuntive per gli ambienti MARCI in quanto aventi strutture portanti combustibili

Quando sono montati su od entro strutture combustibili, i componenti dell'impianto, che nel loro funzionamento previsto possono produrre archi o scintille tali da far uscire dal microambiente interno agli apparecchi medesimi particelle incandescenti che possono innescare un incendio, devono essere racchiusi in custodie aventi grado di protezione IP4X almeno verso le strutture combustibili.

Interruttori luce e similari, prese a spina ad uso domestico e similare, interruttori automatici magnetotermici fino a 16 A, potere di interruzione I_{cn} 3000 A, in generale non producono nel loro funzionamento previsto archi o scintille tali da far uscire dal microambiente interno agli apparecchi medesimi particelle incandescenti che possono innescare un incendio.

6 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LOCALI AD USO MEDICO

6.1Generalità

Per locale ad uso medico, in breve locale medico, si intende un locale destinato a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza o riabilitazione, inclusi i trattamenti estetici.
(CEI 64-8/7 art. 710.2.1)

6.1.1 Classificazione dei locali medici

I locali medici sono classificati in tre gruppi, in base ai tipi di apparecchi elettromedicali impiegati e all'attività medica svolta.

Locali medici di gruppo 0

Locali medici nei quali non si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate.
(CEI 64-8/7 art. 710.2.5)

Locali medici di gruppo 1

Locali medici in cui si fa uso di apparecchi elettromedicali con parti applicate. Le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate esternamente, oppure invasivamente entro qualsiasi parte del corpo, ad eccezione della zona cardiaca.
(CEI 64-8/7 art. 710.2.6)

Locali medici di gruppo 2

Locali medici dove si fa uso di apparecchi elettromedicali con parti applicate destinate ad essere utilizzate in interventi intracardiaci o in operazioni chirurgiche.
(CEI 64-8/7 art. 710.2.7)
Sono locali medici di gruppo 2 anche i locali dove si svolgono trattamenti vitali, cioè dove la mancanza di alimentazione può comportare pericolo per la vita del paziente, ad esempio terapia intensiva.

6.1.2 Zona paziente

La zona paziente è l'insieme dei punti che il paziente, mentre è in contatto con le parti applicate, può raggiungere direttamente o per interposizione del personale medico o paramedico.
In altri termini, tutto ciò che si trova, o che può entrare, nella zona paziente è suscettibile di essere toccato, direttamente o indirettamente, dal paziente stesso. (CEI 64-8/7 art.710.2.8). Se il tavolo operatorio, o l'apparecchio elettromedicale con parti applicate, può assumere più posizioni, la zona paziente è l'inviluppo delle zone paziente relative alle posizioni che ragionevolmente il paziente può assumere mentre è in contatto con le parti applicate.
Se gli apparecchi elettromedicali sono più di uno e/o spostabili, la zona paziente si ingrandisce fino ad occupare, a favore della sicurezza, tutto il locale.
(CEI 64-8/7 art.710.2.8)

6.2PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 si applicano le prescrizioni più restrittive illustrate in questo capitolo, ma limitatamente ai componenti che si trovano, o si possono trovare, fino a 2,5 m di altezza dal piano di calpestio, nella ragionevole assunzione che il paziente non acceda oltre questo limite.
(CEI 64-8/7 art.710.41)

6.2.1Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 la tensione di contatto limite convenzionale UL=25V.
Di conseguenza, nei sitemi TT deve essere soddisfatta la relazione:
RE Idn □25
dove:
-RE è la resistenza di terra del dipersore, in ohm;
-Idn è la corrente differenziale nominale d'intervento più elevata degli interruttori differenziali posti a protezione dell'impianto, in ampere.
Nei sistemi TN-S e IT, un guasto franco a terra sui circuiti terminali deve determinare l'intervento delle protezioni nei tempi indicati nella seguente tabella:

TABELLA – Tempi di interruzione massimi nei locali medici di gruppo 1 e 2 alimentati con sistemi TN-S o IT

SISTEMA TN-S		**SISTEMA IT**		
U_0[1] *(V)*	*t (s)*	*U_0/U (V)*	*Neutro non distribuito t (s)*	*Neutro distribuito t (s)*
120	0,4	120/240	0,4	1
230	0,2	230/400	0,2	0,4

[1] Tensione tra fase e terra

Sui circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di intervento di 5 s nei sitemi TN e di 1 s nei sistemi TT.
La norma accetta questi tempi, anche se non soddisfano la curva di sicurezza, per permettere la selettività delle protezioni, quale compromesso tra la sicurezza e la continuità di servizio.
(CEI 64-8/7 art.710.413.1.1.1)
I sistemi TN-C sono proibiti nei locali di gruppo 1 e 2, anche al di sopra di 2,5 m. Sono inoltre proibiti negli edifici che contengono prevalemtemente locali medici, a valle del quadro di distribuzione principale.
(CEI 64-8/7 art.710.312.2)
Nei locali medici di gruppo 1 è prescritto l'utilizzo di interruttori differenziali con Idn □30 mA soltanto per i circuiti che alimentano prese di corrente nominale fino a 32 A.

Nei locali medici di gruppo 2 tutti i circuiti che non sono alimentati da un sistema IT-M, devono essere protetti mediante interruttori differenziali con Idn □30 mA, a meno che non alimentino soltanto apparecchi posti ad altezza superiore a 2,5 m.

Nei locali medici di gruppo 1 e 2, gli interruttori differenziali richiesti dalla norma CEI 64-8, Sez. 710 devono essere di tipo A o di tipo B.

Gli altri interruttori differenziali possono essere di tipo AC.

(CEI 64-8/7 art.710.413.1.3)

6.2.2Protezione mediante SELV o PELV

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 la tensione nominale di eventuali circuiti SELV o PELV non deve superare 25V (valore efficace) in c.a. o 60 V in c.c. non ondulata.

(CEI 64-8/7 art.710.411.1)

Inoltre le parti attive devono essere isolate, o protette con un grado di protezione almeno IPXXB (IPXXD per le superfici superiori orizzontali a portata di mano).

(CEI 64-8/7 art.710.411.1)-(CEI 64-8/4 art.412)

Nei locali medici di gruppo 2, le masse degli apparecchi alimentati da circuiti SELV o PELV (ad esempio gli apparecchi di illuminazione di tipo scialitico del tavolo operatorio) devono essere collegate al nodo equipotenziale.

(CEI 64-8/7 art.710.411.1)

6.2.3Sistema IT-M

Nei locali medici di gruppo 2 la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione non è ammessa, sia perchè la mancanza dell'alimentazione può costituire un pericolo per la vita del paziente, sia perchè il tempo minimo entro il quale si riesce ad interrompere il circuito è troppo lungo per il paziente soggetto a microshock. Occorre dunque limitare la tensione alla quale può essere sottoposto il paziente.

Per limitare la tensione alla quale può essere soggetto il paziente bisogna ridurre la corrente di guasto.

Basta, a tal fine, alimentare gli apparecchi accessibili al paziente mediante un trasformatore di isolamento. In questo modo, la corrente di guasto è di natura capacitiva e tanto più piccola quanto minore è l'estensione del sistema elettrico alimentato.

Poiché un guasto a terra a valle del trasformatore d'isolamento determina una corrente di piccolo valore, che non provoca l'intervento dei dispositivi di protezione a massima corrente, si ottiene anche la desiderata continuità di servizio.

Va però osservato che il primo guasto a terra può permanere per un tempo indefinito, perché non è segnalato da alcuna disfunzione nell'impianto.

Un secondo guasto a terra costituirebbe un cortocircuito, con l'intervento delle protezioni su uno o entrambi i circuiti guasti, e un grave pericolo per il paziente, sia per l'interruzione dell'alimentazione, sia perché l'elevata corrente di cortocircuito determina elevate differenze di potenziale.

Occorre quindi completare il sistema di protezione con un dispositivo di controllo dell'isolamento, il quale segnali un primo guasto a terra o meglio, il decadere dell'isolamento verso terra prima che si abbia un guasto franco a terra.(CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)

Il primo guasto a terra non costituisce un pericolo, se eliminato entro un tempo ragionevole. La segnalazione del dispositivo di controllo dell'isolamento deve essere quindi raccolta dal servizio di manutenzione, il quale deve ricercare ed eliminare il guasto non appena cessano le attività mediche. (CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)

Il trasformatore d'isolamento deve avere delle caratteristiche particolari e prende il nome di "trasformatore d'isolamento ad uso medicale" in breve trasformatore d'isolamento medicale. (CEI 64-8/7 art.710.512.1.1)

Un sistema elettrico, alimentato da un trasformatore d'isolamento medicale, dotato di dispositivo di controllo dell'isolamento con particolari requisiti, le cui masse e masse estranee sono collegate al nodo equipotenziale, prende il nome di "sistema IT medicale" (sistema IT-M).(CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)-(CEI 64-8/7 art.710.2.10)

Il sistema IT-M è separato dalla rete di alimentazione tramite il trasformatore d'isolamento, il quale ha tra gli avvolgimenti una separazione di protezione , cioè un isolamento doppio o rinforzato, oppure uno schermo collegato a terra.

Tale separazione di protezione deve sussistere anche tra i circuiti alimentati dal trasformatore d'isolamento e gli altri circuiti collegati direttamente alla rete; diversamente un guasto tra tali circuiti comprometterebbe la separazione della rete stessa.

I circuiti del sistema IT-M devono pertanto essere posati in tubi o canali separati da quelli degli altri circuiti, oppure separati da setti. Se i circuiti del sistema IT-M sono a doppio isolamento, ad esempio cavi FG7(O)R 0,6/1kV, possono coesistere insieme ad altri circuiti nello stesso condotto.

La separazione di protezione deve in ogni caso continuare anche nelle scatole e cassette di derivazione. (CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)

Il sistema IT-M è richiesto soltanto nei locali di gruppo 2, limitatamente ai circuiti che alimentano apparecchi situati nella zona paziente, o che possono entrare nella zona paziente.

Tra questi ultimi sono da considerare tutti i circuiti prese del locale, perché un apparecchio alimentato da una presa può essere portato dentro la zona paziente.(CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)

Sono invece esclusi, per motivi pratici, gli apparecchi di potenza superiore a 5kV e gli apparecchi radiologici anche se installati nella zona paziente.(CEI 64-8/7 art.710.413.1.5)

Tali apparecchi richiederebbero infatti trasformatori di isolamento di grossa potenza. I relativi circuiti vanno comunque protetti con interruttori differenziali con Idn □30 mA.

6.3COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE SUPPLEMENTARE

6.3.1Il nodo equipotenziale

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 bisogna collegare le masse e le masse estranee ad un nodo locale, in modo da migliorare l'equipotenzialità (nodo equipotenziale). (CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.1)

Tale collegamento prende il nome di collegamento equipotenziale supplementare.(CEI 64-8/7 art.413.1.2.2)

Devono essere collegati al nodo equipotenziale:

• _le masse e le masse estranee che sono, o si possono trovare, nella zona paziente;

• _i contatti di terra di tutte le prese del locale, perchè possono alimentare apparecchi che possono essere portati nella zona paziente;

• _per quanto possiblile, i ferri di armatura del cemento armato del locale;

• _l'eventuale schermo metallico tra gli avvolgimenti del trasformatore d'isolamento medicale (nei locali di gruppo 2);

• _gli eventuali schermi per la riduzione dei campi elettromagnetici;

• _le eventuali griglie conduttrici sotto il pavimento;

• _i tavoli operatori non elettrici a posa fissa, a meno che non si intenda tenerli isolati da terra per altre ragioni.

I conduttori che collegano le masse al nodo equipotenziale sono gli stessi conduttori di protezione (PE); la loro sezione va stabilita in base alla norma generale. (CEI 64-8/5 art.543.1)

I conduttori che collegano le masse estranee al nodo equipotenziale prendono il nome di conduttori equipotenziali (supplementari) e devono avere una sezione non inferiore a 6 mm² (rame). (CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.1)

Nei locali di gruppo 2 la resistenza tra il nodo equipotenziale e una massa, o una massa estranea, non deve superare 0,2 Ω; nessun limite di resistenza è imposto nei locali di gruppo 1. (CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.2)

Nei locali di gruppo 2, infatti, il paziente è in condizioni elettriche più critiche che nei locali di gruppo 1 e bisogna quindi limitare la differenza di potenziale alla quale può essere soggetto.

Questa differenza di potenziale corrisponde alla caduta di tensione sul conduttore di protezione tra l'apparecchio e il nodo equipotenziale.

Il limite di 0,2 Ω si riferisce al collegamento tra il nodo e la massa estranea, o il contatto di terra della presa, o il morsetto di terra dell'apparecchio fisso, inclusa la resistenza delle connessioni.

Il nodo equipotenziale deve essere facilmenteaccessibile ed ispezionabile; ad esempio, può essere installato entro una cassetta di derivazione incassata nella parete.

I conduttori devono essere singolarmente scollegabili e chiaramente identificabili per funzione e provenienza, in modo da facilitare l'effettuazione delle verifiche.

L'identificazione dei conduttori può essere effettuata con collarini numerati, il cui significato sia indicato su un elenco facilmente reperibile, applicato ad esempio sul retro del coperchio della cassetta.

In alternativa, si può applicare una targhetta su ogni conduttore con l'identificazione della provenienza/destinazione.

Il nodo equipotenziale deve essere posto entro o vicino al locale medico ed essere collegato a terra con un conduttore di sezione almeno uguale a quella del condutore di sezione più elevata connesso al nodo. (CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.3)

6.3.2Sub-nodi

Nei locali medici di gruppo 1 e 2 i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali devono confluire direttamente al nodo equipotenziale.

È tuttavia consentito inserire un sub-nodo (nodo intermedio) tra una massa o massa estranea, e il nodo equipotenziale.

Il sub-nodo può unire tra loro: masse, masse estranee, masse e masse estranee. Tra una massa, o massa estranea, e il nodo equipotenziale può essere interposto però un solo sub-nodo.

La sezione del conduttore che collega il sub-nodo al nodo equipotenziale deve essre almeno uguale a quella del conduttore di sezione più elevata connesso al sub-nodo.

Nei locali di gruppo 2, può essere collegata ad un sub-nodo anche la massa di un apparecchio alimentato diretamente dalla rete(e non dal sistema IT-M).

Il collegamneto entra-esci su più di due prese non è ammesso nei locali medici di gruppo 1 e 2 in quanto corrisponde a più di un sub-nodo.

Nei locali medici di gruppo 2 il limite di resistenza 0,2□ si riferisce alla resistenza tra la massa, o massa estranea, ed il nodo e comprende anche quella dell'eventuale sub-nodo.(CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.3)

6.3.3Le masse estranee

Nei locali medici di gruppo 2 dove c'è pericolo di microshock (ad esempio sale di esame angiografico, sale di cateterismo cardiaco, la maggior parte delle sale di chirurgia), per massa estranea si intende una parte metallica che presenta verso terra una resistenza inferiore a 0,5 M□. (CEI 64-8/7 art.710.413.1.6.1)

Questo valore di resistenza discende dalle seguenti considerazioni.

Se si ipotizza che le masse possono assumere per un tempo indefinito una tensione UL = 25V il paziente che tocca una massa e una parte metallica che presenti un collegamento naturale verso terra (distinto dall'impianto di terra) di resistenza inferiore a 0,5 M□ è attraversato da una corrente superiore a 25V/0,5M□ = 50uA pericolosa per il paziente. (CEI 64-8/7 art.710.1.1.1)-(CEI 64-5 art.19.3)

Se si collega la parte metallica (massa estranea) al nodo, viene meno la differenza di potenziale e dunque il pericolo.

Non è perciò necessario collegare al nodo le parti metalliche di resistemza superiore a 0,5 M□, perchè la corrente attraverso il paziente sarebbe inferiore a 0,5 uA.

Nei locali di gruppo 2 dove non ci sia pericolo di microshock e nei locali di gruppo 1, una parte metallica è considerata massa estranea se presenta verso terra una resitenza inferiore a 200□, poiché si applica la curva di sicurezza in condizioni particolari (UL = 25V) secondo la norma generale degli impianti. (CEI 64-8/2 art.23.3)

Da notare, che quanto sopra si applica alle parti metalliche interne al locale, mentre una parte metallica che entra nel locale; ad esempio una tubazione metallica, va sempre e comunque collegata al nodo equipotenziale, indipendentemente dal valore della sua resistenza verso terra, perchè potrebbe portare un potenziale pericoloso nel locale, diverso dal potenziale di terra.

Nei locali medici di gruppo 0 si applicano le regole generali e dunque non è richiesto alcun collegamento equipotenziale supplementare.

7 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER PISCINE

7.1 Generalità

7.1.1 Classificazione zone relative alle piscine

Agli effetti della presente Norma le piscine vengono suddivise in tre zone:

- Zona 0: volume interno della vasca e del relativo pediluvio che comprende le nicchie nelle sue pareti o nel pavimento che sono accessibili alle persone nella piscina;

- Zona 1: volume delimitato dalla superficie verticale situata a 2m dal bordo della vasca, dal pavimento o dalla superficie dove possono sostare le persone e dal piano orizzontale situato a 2,50m al di sopra di questa superficie o del pavimento. Allorché la piscina è dotata di piattaforme per tuffi, trampolini, blocchi di partenza, scivoli, o altri elementi, quali sculture, la Zona 1 comprende il volume delimitato dalla superficie verticale posta a 1,50m attorno a queste strutture e dal piano orizzontale posto a 2,50m al di sopra di questa superficie o del pavimento.

- Zona 2: volume compreso tra la superficie verticale esterna della Zona 1 e la superficie parallela a quest'ultima superficie situata a a1,50m dalla stessa e delimitata orizzontalmente dal pavimento o dalla superficie dove possono sostare le persone e dal piano orizzontale posto a 2,50m al di sopra di questa superficie o del pavimento.

7.2 Prescrizioni per la sicurezza

7.2.1 Protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti

Dove si utilizzano circuiti SELV, qualunque sia la tensione nominale, si deve prevedere la protezione contro i contatti diretti a mezzo di:

- barriere o involucri che presentino almeno il grado di protezione IPXXB, oppure
- un isolamento in grado di sopportare una tensione di prova di 500 V per 1 min.

La misura di protezione contro i contatti diretti mediante ostacoli non è ammessa.
La misura di protezione mediante distanziamento non è ammessa.

7.2.2 Protezione contro i contatti diretti

La misura di protezione contro i contatti diretti mediante ostacoli non è ammessa.
La misura di protezione mediante distanziamento non è ammessa.

7.2.3Protezione contro i contatti indiretti

7.2.3.1 Collegamento equipotenziale secondario

Un collegamento equipotenziale supplementare nelle piscine deve collegare tutte le masse estranee delle zone 0, 1 e 2 con i conduttori di protezione di tutte le masse situate in queste zone.
Nel caso delle piscine le masse estranee comprendono i pavimenti non isolanti.
La misura di protezione contro i contatti indiretti per mezzo di locali non conduttori non è ammessa.
La misura di protezione contro i contatti indiretti per mezzo di collegamenti equipotenziali non connessi a terra non è ammessa.

7.2.3.2 Prescrizioni particolari per ciascuna zona

ZONE 0 e 1 delle PISCINE

Nelle zone 0 ed 1 è permessa, ad eccezione di quanto specificato nel paragrafo "Dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando", solo la protezione per mezzo di circuiti SELV ad una tensione nominale non superiore a 12 V in c.a. o a 30 V in c.c., con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0,1 e 2.
Gli apparecchi utilizzatori specificatamente previsti per l'impiego all'interno delle piscine e che sono previsti per essere fatti funzionare solo quando non vi siano persone all'interno della zona 0, devono essere alimentati tramite circuiti protetti mediante:

- SELV, con la sorgente installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. La sorgente di sicurezza può essere installata nella zona 2 se il circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- interruzione automatica della alimentazione, usando un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- separazione elettrica, con alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. Questa sorgente può essere installata nella zona 2 se il circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA.

Le prese a spina dei circuiti che alimentano tali apparecchi utilizzatori ed i relativi apparecchi di comando devono essere provvisti di una adeguata segnalazione per avvisare l'utente che tali apparecchi devono essere utilizzati solo quando la vasca non è occupata da persone

ZONE 2 delle PISCINE

Deve essere applicata una (o più di una) delle seguenti misure di protezione:

- SELV, con la sorgente installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. La sorgente di sicurezza può essere installata nella zona 2 se il suo circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- interruzione automatica della alimentazione, usando un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- separazione elettrica, con alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. Questa sorgente può essere installata nella zona 2 se il circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA.

7.3 Scelta ed installazione dei componenti elettrici

7.3.1 Regole comuni

I componenti elettrici devono avere almeno i seguenti gradi di protezione:

- nella zona 0: IPX8;
- nella zona 1: IPX5 o, per piccole piscine all'interno di edifici che in genere non vengono pulite per mezzo di getti d'acqua, IPX4;
- nella zona 2: IPX2 per le piscine al coperto;
  IPX4 per le piscine all'aperto;
  IPX5 nel caso in cui getti d'acqua possano essere utilizzati ai fini della pulizia.

7.3.2 Condutture

- Nelle piscine, le prescrizioni di cui ai due punti successivi si applicano alle condutture montate in vista ed alle condutture incassate nelle pareti ad una profondità non superiore a 5 cm.
- Nelle zone 0, 1 e 2 delle piscine qualsiasi guaina metallica, o rivestimento metallico, deve essere connesso al collegamento equipotenziale supplementare.
- Si raccomanda di installare i cavi preferibilmente in tubi protettivi isolanti.
- Nelle zone 0 ed 1 le condutture devono essere limitate a quelle necessarie all'alimentazione degli apparecchi utilizzatori situati in tali zone.
- Non sono permesse cassette di giunzione e di derivazione nelle zone 0 ed 1, ma se i circuiti sono SELV esse possono essere installate nella zona 1.

7.3.3Dispositivi di protezione sezionamento e comando

Nelle zone 0 ed 1 non devono essere installate prese a spina, né altri dispositivi di protezione, di sezionamento e di comando.
Nella zona 2 prese a spina, interruttori e altri dispositivi di comando sono permessi solo se i circuiti che li alimentano sono protetti mediante una delle seguenti misure di protezione:

- SELV, con la sorgente installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. La sorgente di sicurezza può essere installata nella zona 2 se il suo circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- interruzione automatica della alimentazione, usando un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- separazione elettrica, con alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2. Questa sorgente può essere installata nella zona 2 se il circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA.
- Per le piccole piscine, dove non è possibile sistemare presa a spina, interruttori e altri dispositivi di comando al di fuori della zona 1, tali apparecchi, preferibilmente se provvisti di coperchi o placche non conduttori, sono permessi nella zona 1 solo se sono installati fuori dalla portata di mano (cioè 1,25m dal limite della zona 0), posti ad almeno 0,3m al di sopra del pavimento e sono protetti mediante una delle seguenti misure di protezione:
- SELV, ad una tensione nominale non superiore a 25 V in c.a. od a 60 V in c.c., con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0 ed 1; oppure
- interruzione automatica della alimentazione, usando un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- separazione elettrica, con alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0 ed 1.

7.3.4 Altri componenti elettrici

7.3.4.1Apparecchi utilizzatori di piscine

Nelle zone 0 ed 1 possono essere installati solo apparecchi utilizzatori fissi specialmente previsti per l'uso nelle piscine, tenendo conto delle prescrizioni di cui ai paragrafi "Apparecchi di illuminazione per piscine" e " Prescrizioni speciali per l'installazione di componenti elettrici nella zona 1 di piscine"
Gli apparecchi utilizzatori che sono previsti per essere fatti funzionare solo quando vi siano persone al di fuori della zona 0 possono essere usati in tutte le zone a condizione che essi siano alimentati da circuiti protetti adeguatamente
Possono essere installati elementi riscaldanti annegati nel pavimento a condizione che siano:

- protetti mediante SELV (vedere 411.1), con la sorgente installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2, oppure
- ricoperti da una griglia metallica o da uno schermo metallico, annegati e messi a terra, connessi al collegamento equipotenziale supplementare specificato in 702.413.1.6, a condizione che i loro circuiti di alimentazione siano protetti da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30mA.

La sorgente di alimentazione dei circuiti SELV può essere installata nella zona 2 se il suo circuito di alimentazione è protetto da un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA.

7.3.4.2Apparecchi di illuminazione per immersione in piscine

Gli apparecchi di illuminazione destinati ad essere utilizzati nell'acqua o in contatto con l'acqua devono essere a posa fissa e conformi alla Norma CEI EN 60598-2-18 (CEI 3436).
Gli apparecchi destinati all'illuminazione sott'acqua, situati dietro oblò stagni ed alimentati dal di dietro dello stesso oblò, devono essere installati in modo tale che non possano aversi connessioni intenzionali o fortuite tra qualsiasi massa degli apparecchi di illuminazione e dei relativi accessori e qualsiasi parte conduttrice degli oblò.

7.3.4.3 Prescrizioni speciali per l'installazione di componenti elettrici nella zona 1 di piscine

È ammesso l'uso nella zona 1 di componenti elettrici fissi previsti per essere usati in piscine, alimentati con tensioni che non siano SELV a tensione nominale non superiore a 12V in c.a. od a 30V in c.c., a condizione che siano soddisfatte le seguenti prescrizioni:

- I componenti siano posti entro involucri aventi un isolamento di classe II od equivalente e che siano in grado di fornire una protezione contro gli urti meccanici di media severità. Queste prescrizioni si applicano indipendentemente dalla classificazione del componente elettrico. L'involucro può essere fornito dal costruttore del componente elettrico.
- Il componente elettrico deve essere accessibile solo attraverso un portello (od una porta) tramite una chiave od un attrezzo. L'apertura del portello (o della porta) deve provocare l'interruzione di tutti i conduttori attivi. Il cavo di alimentazione ed i dispositivi di interruzione principali devono essere installati in modo da fornire una protezione di classe II od un isolamento equivalente.
- Il circuito di alimentazione di questi componenti elettrici deve essere protetto mediante una delle seguenti misure di protezione:
    - SELV ad una tensione nominale non superiore a 25 V in c.a. od a 60 V in c.c., con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2; oppure
    - interruzione automatica dell'alimentazione usando un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA , oppure
    - separazione elettrica, con alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0, 1 e 2.

Per le piccole piscine, dove non è possibile sistemare apparecchi di illuminazione al di fuori della zona 1, tali apparecchi sono permessi nella zona 1 solo se sono installati fuori dalla portata di mano (cioè 1,25m dal limite della zona 0) e sono protetti mediante:

- SELV, con la sorgente di sicurezza installata al di fuori delle zone 0 ed 1; oppure
- un dispositivo di protezione a corrente differenziale avente corrente differenziale nominale /dn non superiore a 30 mA, oppure
- separazione elettrica, con la sorgente di alimentazione installata al di fuori delle zone 0 ed 1.

Gli apparecchi di illuminazione, inoltre, devono essere posti entro involucri aventi un isolamento almeno di classe II od equivalente e che siano in grado di fornire una protezione contro gli urti meccanici di media severità.

8 IMPIANTO DI TERRA

8.1 Scopo dell'impianto di terra

Nell'ambito di un impianto elettrico l'impianto di terra ha una funzione protettiva, sia contro l'elettrocuzione che contro il verificarsi di scariche atmosferiche, ed uno scopo funzionale per garantire il corretto funzionamento di impianti e componenti.
Le principali caratteristiche che si richiedono ad un impianto di terra sono:

-Sufficiente resistenza meccanica ed alla corrosione dovuta agli agenti chimici presenti nell'aria e nel terreno
-Capacità di sopportare l'impatto termico dovuto al transito delle più elevate correnti prevedibili
-Abilità di garantire la salvaguardia delle persone contro le tensioni di contatto che si manifestano in occasione dei guasti a terra
-Abilità di garantire un'adeguata tenuta, sia termica che elettrodinamica, se utilizzato ai fini della protezione contro le scariche atmosferiche
-Abilità di costituire un riferimento affidabile di potenziale per le apparecchiature che ne richiedono l'impiego a scopo funzionale.

Il dimensionamento dell'impianto di terra va fatto prendendo in considerazione i parametri che caratterizzano ciascun sistema elettrico (cioè ogni livello di tensione) presente.
Non è però necessario prendere in considerazione la contemporaneità di guasti in sistemi con tensioni diverse e nemmeno i casi in cui vengano effettuati collegamenti provvisori a terra in occasione di lavori e di sezionamenti.
L'impianto di terra delle utenze AT/MT/BT o MT/BT deve essere unico; ad esso devono essere connessi:

-I centri stella dei trasformatori
-Le masse e le masse estranee di tutti i sistemi
-Gli scaricatori
-I sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche
-I sistemi di protezione contro le scariche elettrostatiche
-I sistemi antidisturbo

8.2 Dimensionamento dell'impianto di terra

8.2.1 Dimensionamento del dispersore

Il ***dispersore*** è un corpo conduttore in contatto con la terra, direttamente o per il tramite di altri elementi conduttori (es. il calcestruzzo) . Il dispersore può essere *intenzionale* , cioè installato con il preciso scopo di disperdere le correnti elettriche (in tal caso deve resistere alle sollecitazioni meccaniche che si verificano in fase di installazione e di funzionamento ordinario) oppure *di fatto* cioè installato a contatto con il terreno anche se il suo scopo originale è la messa a terra (es. gli elementi metallici delle fondazioni e delle pavimentazioni).

8.2.1.1 Dimensionamento del dispersore in ordine alla resistenza meccanica alla corrosione

In base a considerazioni di resistenza meccanica e contro la corrosione i dispersori intenzionali devono avere le dimensioni minime riportate nella tabella seguente:

MATERIALE	Tipo di DISPERSORE	Dimensione MINIMA				
		CORPO			RIVESTIMENTO / GUAINA	
		Diametro [mm]	Sezione Trasversale [mm^2]	Spessore [mm]	Valori singoli [• m]	Valori medi [• m]
Acciaio Zincato a caldo	Piattina (2)		90	3	63	70
	Profilato (incluso i piatti)		90 (250)	3 (5)	63	70
	Tubo	25		2	47	55
	Barra tonda per picchetto	16 (20)			63	70
	Tondo per dispersore orizzontale	10				50
Con guaina di piombo (1)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14.2 (15)			90	100
Rame Nudo	Piattina		50	2		
	Tondo per dispersore orizzontale		25 (3)			
	Corda	1.8 (*)	25			
	Tubo	20		2		
Stagnato	Corda	1.8 (*)	25		1	5
Zincato	Piattina		50	2	20	40
Con guaina di piombo (1)	Corda	1.8 (*)	25		1000	
	Filo tondo		25		1000	

* Per cavetti singoli (1) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo (2) Arrotondata o tagliata con angoli arrotondati (3) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm2
Nota : i valori riportati tra parentesi sono quelli comunemente utilizzati in Italia

Tabella: *Dimensioni minime dei dispersori*

L'uso dell'alluminio come dispersore non è ammesso perché questo materiale tende a ricoprirsi di uno strato di ossidi isolanti.

8.2.1.2Dimensionamento del dispersore in ordine al comportamento termico

Fatte salve le dimensioni minime precedentemente indicate, la sezione del dispersore deve essere calcolata in relazione all'entità ed alla durata della corrente di guasto a terra, onde evitare che un eccessivo riscaldamento provochi la riduzione della resistenza meccanica del materiale e danni al materiale circostante.

Vista la ripartizione a cui la corrente di guasto può andare incontro tra i diversi elementi dell'impianto di terra è possibile dimensionare ciascun dispersore per la sola porzione della corrente di guasto che gli compete.

Si distinguono due casi:

1.<u>Tempo d'intervento ≤ 5 s</u>

In tal caso il riscaldamento è adiabatico, cioè senza scambio di energia con l'esterno; la formula da applicare per il calcolo della sezione A, espressa in mm^2, è quindi:

$$A=I/K\bullet\{t_f/\ ln[(\Theta_f+\beta)(\ \Theta_i+\beta)]\}$$

Dove :

-I è il valore efficace, espresso in ampere, della corrente di guasto che attraversa il dispersore;

-K è una costante che dipende dal materiale e vale (espresso in $A * mm^{-2} * s^{1/2}$):

226 per il rame;

148 per l'alluminio;

78 per l'acciaio;

-t_f è il tempo d'intervento delle protezioni, espresso in secondi;

-• è il reciproco del coefficiente di temperatura del materiale con cui è fato il dispersore quando è percorso dalla corrente a 0 °C. esso vale:

234,5°C per il rame;

228°C per l'alluminio;

202°C per l'acciaio;

-Θ_i è la temperatura iniziale, espressa in gradi Celsius, del dispersore. Essa vale solitamente 20°C, considerando quella del terreno a 1 m di profondità (o viene ricavata dall'Appendice A della Pubblicazione IEC 60287);

-Θ_f è la temperatura finale del dispersore, solitamente assunta pari a 300°C. i dati relativi all'alluminio si riferiscono al suo possibile impiego come conduttore di terra; non come dispersore.

2.<u>Tempo d'intervento > 5 s</u>

In tal caso il riscaldamento non è adiabatico e per ricavare il valore delle correnti ammissibili si utilizza il Grafico 1

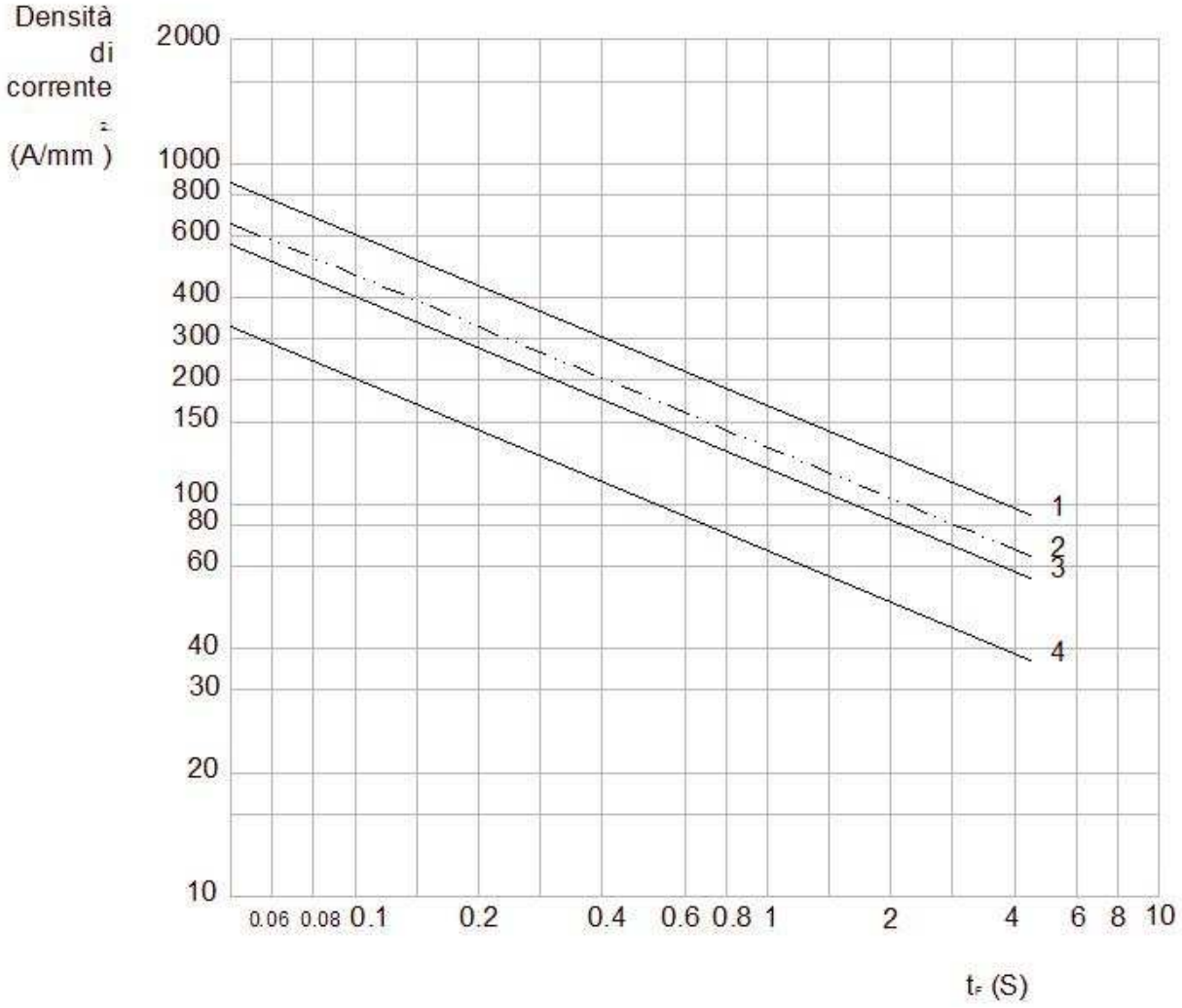

GRAFICO 1 – Densità ammissibile della corrente nei conduttori di terra e nei dispersori in relazione al tempo di intervento t_f delle protezioni.
1 – conduttore di rame, nudo o con rivestimento in zinco;
2 – conduttore in rame, rivestito di stagno o con guaina di piombo;
3 – conduttore di alluminio (solo per conduttori di terra);
4 – conduttore di acciaio zincato.

Nota tale corrente è possibile ricavare la sezione del conduttore utilizzando i Grafici 2 e 3

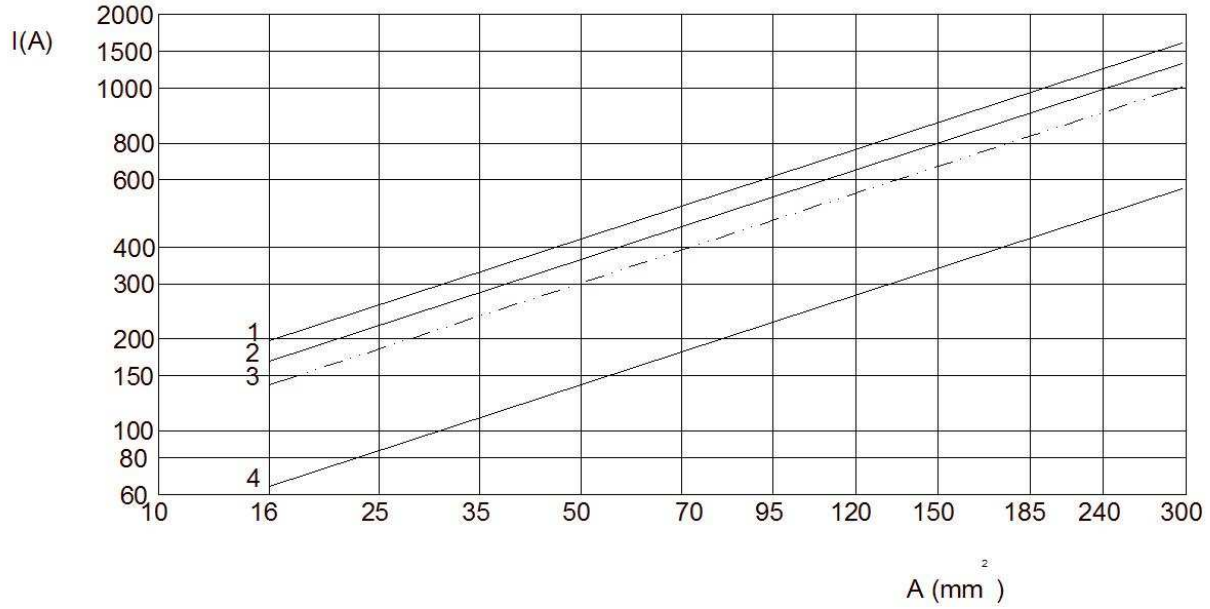

GRAFICO 2 – Sezione, A, adottabile per conduttori di terra e dispersori (a sezione circolare) in relazione al massimo valore previsto in corrente.
1 – conduttore di rame, nudo o con rivestimento in zinco;
2 – conduttore di alluminio;
3 – conduttore in rame, rivestito di stagno o con guaina di piombo;
4 – conduttore di acciaio zincato

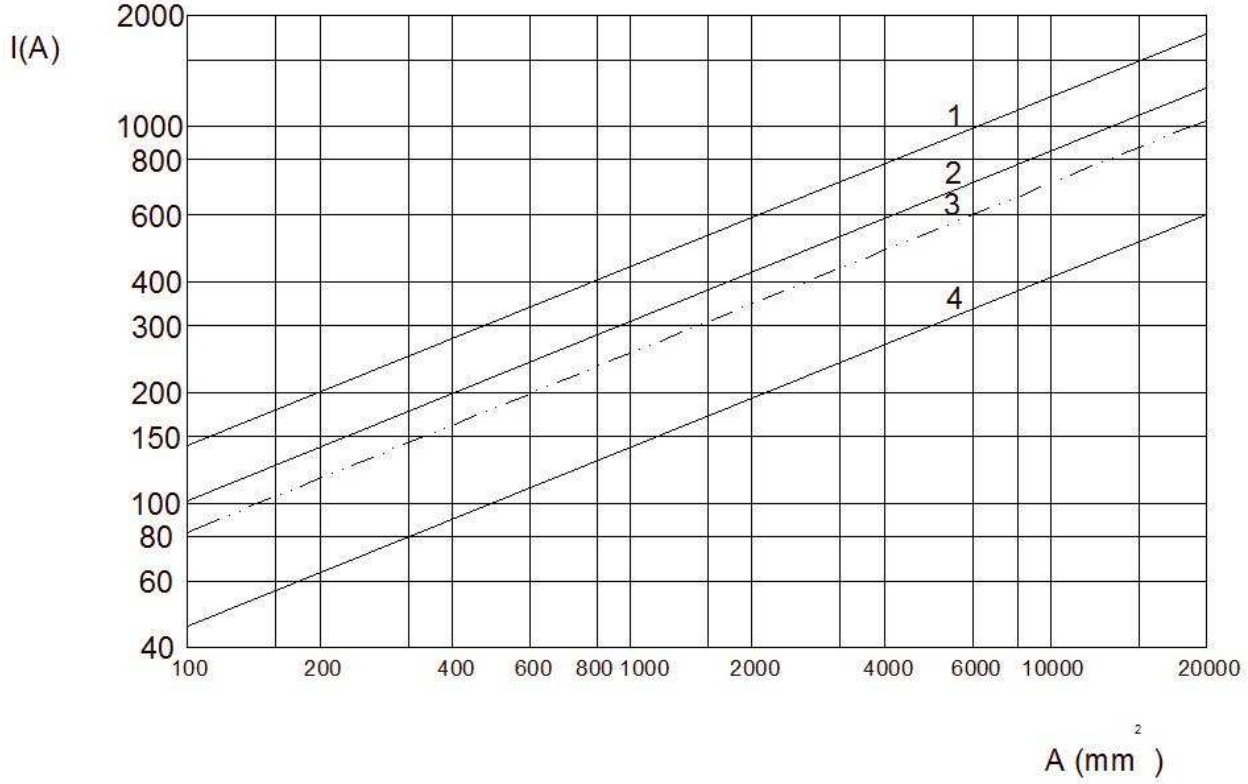

GRAFICO 3– Sezione, A, adottabile per conduttori di terra e dispersori (a sezione rettangolare) in relazione al massimo valore previsto in corrente.
1 – conduttore di rame, nudo o con rivestimento in zinco;
2 – conduttore di alluminio;

3 – conduttore in rame, rivestito di stagno o con guaina di piombo;
4 – conduttore di acciaio zincato.

8.2.1.3 Dimensionamento del dispersore in ordine alla limitazione della tensione di contatto e di passo

Come visto nella sezione relativa alla protezione dei contatti indiretti nei sistemi di I e II categoria, per determinare le tensioni di passo e contatto è necessario valutare la resistenza di terra R_E che dipende sia dal tipo di terreno che dalle configurazione del dispersore.
La resistività del terreno varia considerevolmente in funzione del tipo di granulosità, densità ed umidità del terreno; l'esatto valore può essere stimato in base a questi parametri oppure misurato.
Nota la resistività del terreno è, quindi, possibile determinare la resistenza di terra del dispersore in base alle sue caratteristiche geometriche.

8.2.2 Dimensionamento dei conduttori di terra

Il ***conduttore di terra*** è la porzione di conduttore di protezione che collega a un dispersore una parte (collettore o nodo di terra) in cui confluiscono più elementi che devono essere messi a terra, oppure che collega fra loro più dispersori. Esso è posizionato al di fuori del terreno oppure, se interrato, deve essere isolato dal terreno.

8.2.2.1 Sistemi BT

Nei sistemi BT, ovvero nella parte d'impianto di terra non coinvolta dai guasti a terra sulle apparecchiature o linee di media o alta tensione, la sezione del conduttore di terra non deve essere di norma inferiore alla più elevata fra quelle dei conduttori di protezione presenti tra le masse e il collettore o nodo di terra.
Nel sistema TN, i conduttori di terra che interconnettono i dispersori specifici della cabina MT/BT con gli altri presenti nelle zone di utenza BT assumono il ruolo di conduttori di protezione.
È ad essi spetta di portare la corrente di guasto nel suo tragitto di ritorno al centro stella del trasformatore.
Questo compito, in realtà, i conduttori di terra lo condividono con quelli del dispersore magliato. Il valore della corrente di guasto dipende dalle impedenze dei circuiti di guasto e può essere calcolata applicando una formula tratta dalla guida CEI 11-28 "Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali di bassa tensione". Essa è:

$$I''_{K1} = \sqrt{3} * c * U_N / 2 Z_1 + Z_0$$

Dove:
-I''_{K1} è la corrente di cortocircuito monofase a terra;
-c è un fattore di tensione che, per le reti 230/400 V, può essere assunto uguale a 1;
-U_N è la tensione nominale della rete;
-Z_1 è l'impedenza diretta della rete nel punto di guasto;
-Z_0 è l'impedenza omopolare della rete nel punto di guasto.
Z_1 *e* Z_0 sono la somma delle impedenze dirette e omopolari di tutti i componenti del circuito compresi tra il trasformatore e il punto in cui si verifica il guasto.
Ovviamente, i valori massimi di corrente si hanno in prossimità del trasformatore; per cui è quella zona in cui il circuito di ritorno (conduttori di terra più conduttori del dispersore magliato) va dimensionato secondo i valori più elevati.
Occorre altresì ricordare che è tramite la riduzione dell'impedenza di questa parte dell'anello di guasto che si riesce a ridurre il valore della tensione di contatto sulle masse BT.

La sezione convenzionale minima dei conduttori di terra BT, mediante la quale si conferisce ad essi una sufficiente resistenza meccanica e contro la corrosione, è riassunta nella tabella seguente:

Protetti meccanicamente	Non protetti meccanicamente
Protetti contro la corrosione Stessa sezione del conduttore di protezione	16 mm^2 rame 16 mm^2 ferro zincato [(1)]
Non protetti contro la corrosione 25 mm^2 rame 50 mm^2 ferro zincato [(1)]	
[(1)] Zincatura secondo la Norma CEI 7-6, oppure rivestimento equivalente	

Tabella 6 – *Dimensioni minime dei conduttori di terra nei sistemi* BT

Il calcolo della sezione reale del conduttore di terra (S_E) può essere effettuata utilizzando la formula:

$$S_E = \bullet I_F^2 * t_F / K$$

Che verrà illustrata parlando dei conduttori di protezione. Il conduttore di terra, infatti, altro non è che un conduttore di protezione con funzioni particolari.

8.2.3 Dimensionamento dei conduttori di protezione in BT

In generale il conduttore di protezione (PE) è un conduttore destinato a svolgere funzioni protettive contro le tensioni di contatto; esso realizza il collegamento tra masse, masse estranee, collettori o nodi principali di terra,dispersori, punto di terra della sorgente di energia o neutro artificiale. Sono conduttori di protezione anche i conduttori di terra e i conduttori equipotenziali.
Quando si parla di conduttori di protezione ci si riferisce in genere alle utenze in BT, comprese quelle all'interno di cabine e stazioni; in questo caso la funzione del conduttore di protezione è quella di collegare le masse dell'utenza al collettore o nodo di terra.
Il conduttore di protezione può viaggiare nel medesimo condotto (cavo, tubazione, canalina etc...) dei conduttori di fase oppure in maniera indipendente.

Nel caso il conduttore di fase sia indipendente dai conduttori di fase, in base a considerazioni di resistenza meccanica e di resistenza alla corrosione la *sezione minima* del conduttore di protezione deve essere:

-2.5 mm^2 se è previsto un qualche tipo di resistenza meccanica
-4mm^2 se non è previsto alcun tipo di resistenza meccanica

Per fronteggiare le sollecitazioni termiche dovute alle correnti di guasto è, invece, possibile o scegliere la sezione in relazione a quella dei conduttori di fase (vedi Tabella seguente), oppure , se si vuole stimare la possibilità di ridurre la sezione del conduttore di protezione, quest'ultima può essere calcolata secondo la relazione

$$S_p = \bullet (I_f^2 t_f)/K$$

Dove:

-S_p è la sezione del conduttore di protezione
-I_f è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore
-K è un fattore che dipende dal materiale del conduttore di protezione, dal tipo di isolamento, dalle temperature iniziale e finale del conduttore di protezione.

In pratica l'uso della formula precedente permette la riduzione della sezione dei cavi rispetto ai conduttori di fase quando la sezione di questi ultimi è maggiore a 70 mm^2.

Sezione dei conduttori Di fase dell'impianto S (mm^2)	Sezione dei conduttori di protezione dell'impianto S_p (mm^2)
S • 16 16 < S • 35 S > 35	S_p = S 16 S_p = S / 2

Tabella : *Dimensionamento dei conduttori di protezione in base alla sezione dei conduttori di fase*

8.2.4 Dimensionamento dei conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali sono conduttori di protezione destinati ad assicurare il collegamento equipotenziale tra le masse e le masse estranee. Si distinguono:

-Conduttori equipotenziali *principali (EQP)* : realizzano le connessioni, alla base degli edifici, ad un nodo principale di terra(a sua volta collegato all'elemento dispersore dell'impianto)

-Conduttori equipotenziali *supplementari (EQS)*: realizzano le connessioni a livello locale

Per gli <u>impianti di centrali, stazioni e cabine</u> la Norma *CEI 11-1* prescrive che i conduttori equipotenziali abbiano una sezione non inferiore a quella minima prevista per i conduttori di terra, al fine di garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione, ovvero:

-16 mm^2 se in rame

-35 mm^2 se in alluminio

-50 mm^2 se in acciaio

La Guida *CEI 11-37* consiglia, invece, di uniformare a 25 mm^2 la sezione dei conduttori EQP in rame che collegano le masse estranee direttamente ad un collettore di terra, mentre per i conduttori EQS si impone la seguente distinzione:

- se il conduttore EQS collega tra loro due masse la sua sezione non deve essere inferiore a quella del conduttore di protezione più piccolo.
- se il conduttore EQS collega tra loro una massa a masse estranee, la sua sezione non deve essere inferiore alla metà di quella del conduttore di protezione in partenza dalla massa.

La sezione minima di un conduttore EQS in rame non deve comunque essere inferiore a 2,5 mm^2 se è prevista una protezione meccanica, oppure a 4 mm^2 se non è prevista alcuna protezione meccanica.

Per gli <u>impianti in BT</u> relativamente ai conduttori EQS valgono le considerazioni precedenti, mentre per i conduttori EQP la Norma *CEI 64-8* richiede che la sezione minima non sia inferiore alla metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata presente nell'impianto, con un minimo di 6 mm^2 ed un massimo di 25 mm^2 se di rame o 50 mm^2 se in acciaio zincato.

9 CONDUTTURE DI ALIMENTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

Il **conduttore** è l'elemento preposto per il trasporto dell'energia. Esso assume l'aspetto di un cavo, oppure di un condotto sbarre; ed è definibile come conduttore anche la parte che in esso "conduce" effettivamente gli elettroni, vale a dire l'anima o la sbarra in rame o in alluminio.

Il **condotto** è la struttura preposta a contenere il conduttore, ovvero a condurlo, sostenendolo e incanalandolo. Condotti sono le tubazioni, i canali, le passerelle, i cunicoli ecc. Nei conduttori prefabbricati lo scatolato che contiene le sbarre è di per sé un condotto. In una certa misura il condotto concorre a definire la modalità di posa del conduttore.

La **conduttura** è l'insieme del conduttore più il condotto che lo riguarda.

Nell'ambito impiantistico oggetto della presente relazione la distribuzione dell'energia elettrica è prevista esclusivamente in cavo secondo i criteri di seguito elencati; per il dimensionamento dei singoli circuiti è necessario fare riferimento agli schemi elettrici allegati alla presente relazione.

9.1 Distribuzione dell'energia in cavo

Le parti che compongono un cavo di potenza multipolare viste in successione, dall'interno all'esterno della struttura, sono essenzialmente:

- il conduttore in rame, preposto alla "conduzione" della corrente;
- l'isolante primario, avvolto su ogni conduttore e destinato principalmente a realizzare l'isolamento elettrico tra un conduttore e l'altro;
- il riempitivo, realizzato con composti estrusi e destinato appunto a riempire gli interstizi fra i conduttori isolati (il riempitivo non ha motivo d'essere presente nei cavi unipolari);
- il rivestimento protettivo, costituito da una guaina in materiale metallico oppure no e presente solo nei cavi di tipo "armato";
- il filo d'identificazione con il codice d'identificazione IMQ E HAR (alternativo alla stampigliatura del medesimo codice sulla guaina esterna);
- la guaina in materiale isolante, destinata a proteggere le parti interne degli elementi aggressivi (meccanici, chimici, o altro) presenti nell'ambiente.

Un'importante distinzione va fatta tra i cavi con guaina e quelli senza. La guaina ha una funzione prettamente meccanica. Senza di essa il cavo, munito solo dell'isolante primario, si trova particolarmente esposto agli agenti esterni. I cavi senza guaina sono sempre unipolari. Di conseguenza, quando si citano i cavi con guaina si intendono cavi unipolari con guaina o cavi multipolari.

Numero delle anime	Colori distintivi delle anime	
	Cavi con conduttore di protezione	**Cavi senza conduttore di protezione**
1	giallo/verde	nero, blu chiaro, marrone, grigio, arancione, rosa, rosso, turchese, violetto, bianco
2	-	blu chiaro marrone o nero
3	giallo/verde marrone o nero blu chiaro	blu chiaro marrone nero
4	giallo/verde nero blu chiaro marrone	blu chiaro marrone nero nero
5	giallo/verde nero blu chiaro marrone nero	blu chiaro marrone nero nero nero

Tabella 3 – *Colori distintivi dei cavi per bassa tensione (tabella CEI UNEL 007722 – IV edizione)*

Il colore giallo/verde deve essere tassativamente riservato al conduttore di protezione ed il colore blu al conduttore di neutro.

9.1.1 Sezione minima dei conduttori

I conduttori di fase dei circuiti in corrente alternata e i conduttori attivi dei circuiti di corrente continua devono avere una sezione non inferiore a quella indicata nella seguente tabella:

Tipo di conduttura		Funzione svolta dal circuito	Conduttore	
			Materiale	**Sezione minima (mm^2)**
Condutture fisse	Cavi	Circuito di potenza	Cu Al	1,5 16
		Circuito di segnalazione e/o di comando	Cu	0,5(*1)
	Conduttori nudi	Circuito di potenza	Cu Al	10 16
		Circuito di segnalazione e/o di comando	Cu	4
Condutture mobili con cavi flessibili		Apparecchi utilizzatori specifici	Cu	Vedere norme CEI di prodotto
		Per qualsiasi altra applicazione		0,75(*2)
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75

(*1) nei circuiti di segnalazione e di comando destinati ad apparecchiature elettroniche è ammessa una sezione minima di 0,01 mm^2
(*2) vale la nota 1 se il cavo multipolare contiene sette o più anime

Tabella – *Sezioni minime da conferire ai conduttori attivi*

La sezione del conduttore di neutro non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella seguente:

Tipo di circuito	Sezione minima (mm^2)
Circuito monofase a due fili	La stessa sezione dei conduttori di fase
Circuito polifase con conduttori di fase di sezione • 16 mm^2 (se in Cu) o • 25 mm^2 (se in Al)	
Circuito polifase di un sistema TN-C	Conduttori PEN della stessa sezione dei conduttori di fase, con un minimo di 10 mm^2 se in rame e 25 mm^2 se in alluminio
Circuito polifase con conduttori di fase di sezione > 16 mm^2 (se in Cu) o > 25 mm^2 (se in Al)	Sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, con un minimo di 16 mm^2 se in rame e 25 mm^2 se in alluminio
Circuito polifase c.s. ma con utilizzatori che producono correnti armoniche di elevato valore.	La stessa sezione dei conduttori di fase

Tabella – *Sezione minima da conferire al conduttore di neutro*

La presenza di correnti armoniche, dovute per esempio alle lampade a scarico o ad apparecchiature di controllo tramite la parzializzazione di fase (vedi il caso degli azionamenti per motori), può con facilità provocare sovraccarichi nel conduttore di neutro. Ecco perché in questi casi è necessario che la sua sezione sia la stessa dei conduttori di fase.

9.1.2 Criteri generali di installazione

9.1.2.1 Tipologia di posa

La tabella seguente riassume per i diversi tipi di cavo le soluzioni installative ottimali, tenendo conto delle strutture protettive e di sostegno.

Tipo di cavo	A parete	Sotto moda-natura	In canale	In tubo	Su passe-rella	Su mensole	Su fune (1)	In galleria	In cunicoli	Interrato
Cavetti unipolari senza guaina	•	X	X	X	•	•	•	•	•	•
Cavetti unipolari con guaina		X	X	X						
Cavetti multipolari con guaina		X	X	X			X	X		
Cavi unipolari con guaina					X	X		X	X	
Cavi multipolari con guaina			X		X	X		X	X	X
Cavi multipolari armati					X	X		X	X	X

X: posa ottimale;

•: posta vietata.

In assenza di segno la posa è possibile, ma non ottimale.

(1) Se l'installazione è all'aperto vedere precauzioni dettate nell'omonimo paragrafo

Tabella – *Soluzioni ottimali di posa per cavi in bassa tensione*

Tubi protettivi

I tubi protettivi, pieghevoli o rigidi, in materiale isolante posati sotto pavimento devono essere almeno di tipo medio (codice di classificazione 33 secondo CEI 23-80).
Anche per la posa in vista è bene utilizzare tubi rigidi di tipo medio.
I tubi di tipo leggero (codice di classificazione 23 secondo CEI 23-80) potrebbero essere posati sottotraccia a parete, o a soffitto, oppure nel contro soffitto, ma di fatto anche in questi casi si utilizzano tubi di tipo medio per ragioni di uniformità.
Le dimensioni interne dei tubi protettivi devono essere tali da permettere l'agevole fissaggio dei cavi dopo la messa in opera dei tubi stessi.
Allo scopo è raccomandato un diametro interno dei tubi almeno uguale a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi da contenere.
I tubi protettivi installati sottotraccia a parete devono avere percorso orizzontale, verticale o parallelo agli spigoli delle pareti. Nel pavimento e nel soffitto il percorso può essere qualsiasi.
Nei sistemi di distribuzione a pavimento con prese in torretta, spesso vengono impiegate tubazioni in pvc medio di forma rettangolare incassate nella struttura del pavimento.
Dette tubazioni devono far capo ad idonee cassette a pavimento che permettano l'infilaggio dei cavi senza danneggiamenti.
Le cassette devono essere saldamente fissate alle strutture.
Sono preferibili le cassette con coperchio fissato con viti, mentre sono sconsigliabili i coperchi ancorati con graffette.
È consigliabile che connessioni e cavi posti all'interno delle cassette non occupino più del 50% del volume interno della cassetta stessa.

Canali

Per canale si intende un involucro chiuso con coperchio, che assicura la protezione meccanica dei cavi e ne permette la posa senza tiro. I canali possono essere in materiale isolante o metallico; richiedono l'assenza di asperità e spigoli vivi ed un grado di protezione almeno IP2X.
I canali installabili a battiscopa sono frequente,mente impiegati in rifacimenti di impianti esistenti (si evitano costose opere murarie).
Nei canali anche se metallici, è ammessa la posa di cavi senza guaina. Nei canali la sezione occupata dai cavi di energia, tenuto conto del volume occupato dalle connessioni, non deve superare il 50% della sezione utile al canale stesso; tale prescrizione non si applica ai cavi di segnalazione e di comando, e ai cavi per telecomunicazione.
Se si utilizzano canali metallici tutti i cavi del medesimo circuito devono essere installati nello stesso canale, per evitare riscaldamenti dovuti a correnti indotte.

Distribuzione sotto pavimento

La distribuzione sottopavimento è tipica degli uffici: si può realizzare con condutture incassate direttamente nella struttura del pavimento oppure posate sotto il pavimento galleggiante (flottante):

- Distribuzione direttamente incassata nel pavimento

La distribuzione incassata direttamente nella struttura del pavimento è utilizzata per l'elettrificazione di ampi locali destinati, ad esempio, ad uffici a spazio aperto (open-space), poiché permette la predisposizione di posti di lavoro con il minimo ingombro.
Le canalizzazioni sono realizzate con tubazioni in pvc, di forma circolare o rettangolare, annegate direttamente nel pavimento.
Le scatole affioranti sul pavimento, ad esempio quelle predisposte per la derivazione delle torrette, sono soggette alla polvere e agli spargimenti d'acqua per la pulizia, per questo motivo la norma raccomanda un grado di protezione IP52. si può scegliere una scatola con grado di protezione IP4X nei pavimenti per la cui pulitura non si prevedano spargimenti di liquidi.
Le prese devono essere necessariamente ubicate in torrette a pavimento o in colonnina.

- Distribuzione sotto il pavimento galleggiante

I pavimenti galleggianti vengono impiegati in lo cali con addensamento di servizi elettrici, telefonici e telematici per agevolare la posa delle condutture e delle torrette a pavimento e per permettere un facile spostamento dei vari servizi a seguito di modifiche nella dislocazione dei posti di lavoro.
Sotto il pavimento galleggiante è ammessa la posa diretta solo di cavi con guaina. I cavi senza guaina devono essere posati in tubi protettivi o canali (non sono ammessi nelle passerelle).
È preferibile eseguire le connessioni dei cavi di energia entro cassette aventi grado di protezione almeno IP52, in considerazione della presenza nel sottopavimento di polvere e di stillicidio in occasione del lavaggio del pavimento.
Le cassette devono essere saldamente fissate alle strutture (ad esempio ai canali portacavi o alla muratura).
Quando si prevedono spostamenti frequenti dei punti di presa si possono utilizzare condotti sbarre fissati a pavimento o alla portante del pavimento galleggiante; in analogia a quanto suddetto per le cassette, il condotto prefabbricato deve avere grado di protezione almeno IP52.
Per le scatole affioranti sul pavimento vale quanto già detto al punto precedente.
In genere si preferisce ricorrere a condutture separate per cavi di energia e di segnale.
È inoltre ammessa la posa dei cavi telefonici e di segnale sotto pavimento galleggiante, senza tubazione o canale, purchè distanziati dagli altri cavi (energia o segnale).
Il collegamento fra le condutture sottopavimento e le torrette o colonnine deve essere effettuato mediante cavi con guaina, oppure con cavi senza guaina entro tubazioni .
In genere, non è necessario collegare a terra la struttura metallica del pavimento galleggiante ai fini della protezione contro i contatti indiretti poiché non è una massa.
Si ricorda che tra una massa e una parte di tensione vi è un isolamento principale; se invece è previsto un isolamento un isolamento doppio o rinforzato la parte metallica non è più una massa.
Analogamente, la struttura del pavimento non è una massa se in contatto con un canale, o un tubo protettivo, metallico collegato a terra.
Può essere tuttavia utile collegare a terra la struttura metallica del pavimento galleggiante per ridurre i disturbi.

Distribuzione nel controsoffitto

Nel controsoffitto possono essere installati, oltre alle condutture elettriche gli apparecchi di illuminazione e altri servizi quali le condotte dell'impianto di condizionamento.
I cavi possono essere installati nel controsoffitto entro tubi, canali o passerelle, fissati sulle pareti a soffitto.
È ammessa la posa dei cavi con guaina appoggiati direttamente nel controsoffitto , a condizione che il controsoffitto ne regga il peso.
È consigliabile limitare tale tipo di posa ai soli allacciamenti degli apparecchi di illuminazione o a piccole derivazioni.
I controssoffitti metallici non sono in genere delle masse e non è quindi necessario collegarli a terra ai fini della protezione contro i contatti indiretti, salvo casi particolari.
Gli apparecchi di illuminazione e relative condutture di alimentazione posati nel controsoffitto devono essere protetti contro i contatti diretti, anche se in condizione ordinarie non sono accessibili.
Le connessioni devono essere eseguite entro cassette con grado di protezione minimo IPXXB fissate saldamente alle strutture (parete o soffitto) o canali.
Nelle passerelle, anche se ubicate nel controsoffitto, sono ammessi soltanto cavi muniti di guaina (unipolari o multipolari).
Negli uffici a spazio aperto la distribuzione in controsoffitto comporta l'impiego di colonne porta apparecchi fissate fra pavimento e soffitto.

9.1.2.2 Protezione contro i contatti diretti

Gli involucri costituenti il condotto cavi assolvono alla protezione contro i contatti diretti, purchè il loro grado di protezione sia almeno pari a IP3X, cioè con inibizione all'accesso di un attrezzo con diametro superiore o uguale a 2,5 mm.

9.1.2.3 Messa a terra

Canalette, tubi, passerelle, sostegni e quant'altro di metallo è destinato al sostegno dei cavi (e con essi entra in contatto diretto) va considerato una massa e come tale collegato a terra.
Si può derogare da tale collegamento, nei sistemi con tensione nominale non superiore a 690V, purchè i conduttori siano (in alternativa):

- cavi con guaina non metallica, aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
- cavi con guaina metallica, aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno.

Nelle tubazioni munite di raccordi che assicurano la continuità elettrica, il collegamento a terra può essere effettuato ad una estremità.
Nei canali viene fatto correre un conduttore di rame, nudo, con sezione minima 16 mm2 (da aumentare a 50 mm2 se il condotto trasporta cavi di potenza), dal quale vengono derivati per crimpatura i collegamenti ad ogni singolo segmento di canale.
Nei percorsi interrati, i conduttori di terra non isolati, se inseriti entro tubazioni metalliche, divengono elementi dispersori dell'impianto di terra, con tutto ciò che questo comporta in termini di sezione minima, che per le corde di rame vale 35 mm2 (con diametro di ciascun filo non inferiore a 1,8 mm).
Nella posa entro controsoffitti, onde evitare la messa a terra dell'intelaiatura di sostegno dei pannelli o delle doghe, è opportuno impiegare cavi con tensione nominale di un gradino più elevata rispetto a quello del sistema.

9.1.2.4 Connessioni (giunzioni e deirivazioni)

In linea generale, all'interno dei tubi protetti e dei canali non sono consentite giunzioni. La precauzione è quanto mai opportuna e salvaguarda contro disservizi e lunghi tempi di ricerca del punto in cui s'è verificato il guasto.
In caso di effettiva necessità è possibile una deroga, ma alle seguenti condizioni:
1 – occorre assicurare un isolamento elettrico e una resistenza meccanica almeno equivalenti a quelle richieste per i cavi, in relazione alle condizioni d'installazione;
2 – le condizioni del coefficiente di riempimento devono tener conto anche delle giunzioni/derivazioni;
3 – le giunzioni e le derivazioni devono avere nei confronti delle parti attive un grado di protezione almeno IP2X per i canali e comunque adatto al luogo di installazione per le passerelle;
4 – le giunzioni devono unire cavi con le stesse caratteristiche e con lo stesso colore delle anime;
5 – le giunzioni devono essere comunque il minor numero possibile.
Le connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti con e senza vite. Non è consentito ridurre la sezione dei conduttori, né lasciare parti conduttrici scoperte.
Le connessioni devono essere accessibili per manutenzione, ispezione e prove; per questo motivo sono in genere ubicate entro cassette.
L connessioni non sono ammesse nei tubi, di sezione circolare o di altra forma; sono sconsigliate entro le scatole portafrutto.
Le connessioni entro i canali sono ammesse, anche se nel minor numero possibile, a condizione che i dispositivi di connessione abbiano isolamento e resistenza meccanica equivalente a quella dei cavi e grado di protezione almeno IPXXB; le giunzioni devono unire i cavi delle stesse caratteristiche e colore delle anime.
Per non superare il riempimento massimo del 50% del canale occorre tener conto anche dello spazio occupato dalle giunzioni.
È ammesso l'entra-esci sui morsetti, ad esempio di una presa per alimentare un'altra presa o di un apparecchio per alimentare un altro apparecchio, ad esempio di illuminazione, purchè esistano doppi morsetti, o questi siano dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare.

9.1.2.5 Vicinanza tra cavi di energia di differente categoria e tra cavi di potenza e di segnale

Le norme (vd. CEI 64/8 art. 528.1) vietano la comunanza del condotto fra i circuiti di categoria 0 e quelli di categoria I, a meno che ogni cavo non sia isolato per la tensione più elevata presente o ogni anima di cavo multipolare sia isolata per la tensione più elevata presente nel cavo. In alternativa i cavi

devono essere isolati per la tensione del loro sistema e installati in un compartimento separato di un tubo protettivo o di un canale; oppure si devono utilizzare tubi protettivi o canali separati. E', quindi, possibile posare in comune cavi di energia e segnale in uno stesso canale o tubo protettivo se si utilizzano cavi di segnale isolati per la tensione nominale dei cavi di energia.

In base alla norma CEI 64/8, ai fini della protezione contro i contatti diretti ed indiretti, è possibile contenere (senza interposizione di setti separatori) in un unico canale, in un unico tubo protettivo, in un'unica passerella cavi per energia con isolamento equivalente al doppio isolamento e cavi per sistemi di categoria 0 (citofonico, TV, coassiali) conformi alle relative norme di prodotto (e quindi isolati per la loro tensione nominale), se non diversamente specificato in altre norme. Allo stesso modo è possibile posare in comune cavi di energia e segnale in uno stesso canale o tubo protettivo se si utilizzano cavi di segnale isolati per la tensione nominale dei cavi di energia.
È tuttavia consigliabile che le due differenti famiglie di cavi transitino in condotti separati per considerazioni di interferenza elettromagnatica. La vicinanza tra cavi di potenza e quelli dei circuiti di comando e segnalazione può provocare, infatti, a danno di questi ultimi fenomeni transitori di induzione elettromagnetica; tanto più temibili quanto più sono deboli le correnti in gioco (cosi come avviene nei circuiti facenti capo ad apparecchiature elettriche di comando, controllo o misura).
Il fatto che questi condotti o almeno uno di essi sia di metallo consente una schermatura contro l'induzione elettromagnetica. Altrimenti va di caso in caso valutata l'opportunità di schermare i conduttori di segnale mediante calze o spirali metalliche, oppure utilizzando cavi di per sé schermati.
La situazione si fa ancora più delicata quando accanto a cavi di potenza vengono a trovarsi cavi per la trasmissione dati o di collegamento telefonico.
Fra un cavo di bassa tensione ed uno per trasmissione deve sussistere in ogni punto una distanza non inferiore a 150 mm ed entrambi devono essere contraddistinti (ad esempio con marchiatura sulla guaina o apposizione di targhette autoadesive) lungo tutto il tracciato.
I segni di distinzione devono comparire anche all'esterno dei rispettivi condotti.
In caso di interramento, è altresì necessario che, nei punti di derivazione (dall'uno o dall'altro cavo), la sovrapposizione sia tale che il cavo di energia venga a trovarsi sempre al di sotto rispetto a quello di telecomunicazione.
Infine, se il cavo d'energia fosse di media o alta tensione, la distanza di rispetto da quello di telecomunicazione dovrebbe essere a portata a 300 mm, con l'introduzione di quest'ultimo in un condotto metallico destinato a svolgere la funzione di schermatura elettrica ed elettromagnetica.
La profondità del cavo di energia dev'essere ben superiore a quella dell'altro.
Se posti in cunicoli o condotti, questi devono essere ben distinti ed identificabili. Cosi come, identificabili devono essere i due tipi di condotti che venissero a trovarsi, anche se su mensole distinte, nell'ambito di una stessa galleria.

In genere si preferisce mantenere la separazione tra cavi di energia e di segnale. Ad esempio, se uno stesso canale è utilizzato per cavi di energia e cavi di segnale deve essere munito di setti separatori; in alternativa, si può posare all'interno del canale un altro canale di dimensioni ridotte o un tubo protettivo.

9.1.3 Criteri per la messa in opera dei cavi

Onde salvaguardare l'integrità del cavo durante le fasi di piegatura e raddrizzatura che caratterizzano la messa in opera, la sua temperatura non deve essere inferiore a 5°C per i tipi isolati o con guaina in PVC, e -25°C per quelli con isolante e rivestimento protettivo a base di materiali elestomerici e con guaina a base di polietilene.
Assume in questi casi una certa importanza la temperatura ambientale a cui è stato immagazzinato il cavo, poiché l'avvolgimento su bobina ne rallenta l'adattamento termico alle mutate condizioni ambientali.
Durante la posa i cavi non devono subire alcun danno. Ciò significa soprattutto salvaguardarli contro un eccessivo sforzo da tiro; contro un raggio di curvatura troppo esiguo e contro abrasioni lesive della guaina.
Il tiro dei cavi di elevata sezione, da posare su passerelle o mensole, in aria o in cunicolo, oppure in tubazione, deve innanzi tutto evitare eccessive sollecitazioni dovute all'inerzia rotatoria della bobina da cui il cavo viene svolto.

La presa sulla testa del cavo deve essere effettuata mediante accorgimenti che ne evitino il danneggiamento. Lo sforzo massimo di trazione non deve di norma superare i 50 N/mm^2 per i cavi rigidi e i 15 N/mm^2 per quelli flessibili.
Il traino può essere manuale, oppure sopportato da argani motorizzati.
Durante il tiro occorre evitare che il cavo giri sul proprio asse.
Durante la posa, il raggio di curvatura dei cavi, misurato sulla loro generatrice interna, non deve essere inferiore a 12D per i rigidi e a 9D per quelli flessibili (essendo D la misura del diametro esterno al cavo).
Per i cavi schermati è invece necessario non scendere al di sotto di 14 D; mentre per quelli sotto guaina il limite va portato a 16D per il piombo e a 30D per l'alluminio.
Nel caso che un fascio di cavi unipolari cordati a elica, il diametro D deve essere 1,5 volte quello del cavo unipolare più grande.
In un ambiente con temperatura compresa tra + 10 e + 30°C il raggio di curvatura a posa ultimata non deve essere inferiore ai valori indicati nella tabella seguente:

Tipo di cavo	**Diametro del cavo**			
Rigido per installazioni fisse	D • 10	D > 10		
	4D	6D		
Flessibili isolato in gomma (CEI 20-19)	D • 8	8 < D • 12	12< D • 20	D > 20
Installazione fissa **A movimento libero** **Avvolto su tamburo**	3D 5D 6D	3D 5D 6D	4D 6D 6D	4D 6D 6D
Flessibile isolato in PVC (CEI 20-20)	D • 8	8 < D • 12	D > 12	
Installazione fissa **A movimento libero** **Avvolto su tamburo**	3D 6D 8D	3D 6D 8D	4D 6D 8D	

Tabella – *Raggi minimi di curvatura dei cavi*

Per temperature superiori o inferiori è necessario consultare il fabbricante.
Nei cavi rigidi, in prossimità del terminale e curandone in modo particolare l'esecuzione è possibile spingersi su raggi inferiori a quelli indicati in tabella.
Per evitare abrasioni alla guaina del cavo, è necessario che il condotto non presenti spigoli salienti o bave (siano esse di metallo , calcestruzzo o materiale sintetico). Come pure, in fase di progetto, è necessario fare in modo che il percorso non presenti un numero eccessivo di curve, o curve troppo strette, o tratti troppo lunghi senza alcuna possibilità di accesso al condotto.
Nella posa su mensole, il cavo non deve strisciare su di esse; va prima tesato e poi appoggiato ai sostegni.
Le operazioni di posa dei cavi di potenza non sono lavori che possono venire improvvisati; richiedono un numero congruo di persone, debitamente istruite, e un responsabile che ne coordini le operazioni e verifichi l'assenza di condizioni di pericolo.

9.1.4 Fattori di criticità ambientale

Le condizioni ambientali influiscono in vario modo e in differente misura sulle condutture elettriche la tabella che segue riassume i principali effetti e i possibili guasti che possono manifestarsi sugli impianti elettrici – vale adire sui componenti elettrici in generale e non solo sulle condutture – in presenza di fattori ambientali critici.
Per far fronte a tali situazioni si rendono necessarie idonee precauzioni.

Effetti principali Agente ambientale	**Tipo di guasto**
Temperature elevata Invecchiamento termico: -Ossidazione -Fessurazione -Reazione chimica. Rammollimenti, fusione, sublimazione. Riduzione della viscosità, evaporazione. Dilatazione	Difetto d'isolamento, guasto meccanico, sollecitazione meccanica accresciuta, usura delle parti mobili dovuta alla dilatazione o alla perdita delle proprietà lubrificanti.
Bassa temperatura Infragilimento. Formazione di ghiaccio. Viscosità accresciuta e solidificazione. Perdita di resistenza meccanica. Contrazione fisica.	Difetto dell'isolamento, fessurazione, guasto meccanico, usura accresciuta sulle parti mobili dovuta alla contrazione o alla perdità della resistenza meccanica e alla perdita delle proprietà lubrificanti, difetti di sigillamento e di tenuta delle guarnizioni.
Umidità relativa elevata Assorbimento e adsorbimento dell'umidità. Gonfiamento. Perdita di resistenza meccanica. Reazione chimica: -Corrosione -Elettrolisi Conduttività accresciuta degli isolanti.	Rottura fisica, difetto d'isolamento, guasto meccanico
Bassa umidità relativa Essiccamento. Infragilimento. Perdita di resistenza meccanica. Ritiro. Aumento dell'abrasione fra contatti mobili.	Guasto meccanico, fessurazione
Alta pressione Compressione, deformazione.	Guasto meccanico, fessurazione
Bassa pressione Dilatazione. Diminuzione della rigidità dielettrica dell'atmosfera. Effluvio elettrico e formazione di ozono.. Diminuzione del raffreddamento.	Guasto meccanico, perdite (difetto di ermeticità).
Radiazione solare Reazioni chimiche, fisiche e fitochimiche. Deterioramento della superficie. Decolorazione, formazione di ozono. Riscaldamento. Riscaldamento differenziato e sollecitazione meccaniche.	Difetti d'isolamento (Vedi anche "Temperatura elevata")
Sabbia o polvere Abrasione ed erosione. Grippaggio. Incrostazione. Perdita di conducibilità termica. Effetti elettrostatici.	Usura accresciuta, guasto elettrico, guasto meccanico, sovrariscaldamento.
Atmosfere corrosive Reazioni chimiche: -Corrosione -Elettrolisi Deterioramento della superficie. Aumento della conduttività. Aumento della resistenza di contatto.	Usura accresciuta, guasto elettrico, guasto meccanico.
Vento Applicazione di una forza. Fatica. Deposito di materiali. Incrostazioni.	Deformazione della struttura, guastomeccanico. (Vedi anche "Sabbia o polvere" o "atmosfere corrosive).

Erosione. Vibrazioni indotte.	
PioggiaAssorbimento d'acqua. Sbalzi di temperatura. Erosione. Corrosione.	Guasto elettrico, fessurazione, perdite, deterioramento della superficie.
GrandineErosione. Sbalzi di temperatura. Deformazione meccanica.	Deformazione della struttura, danno alle superfici.
Neve o ghiaccio Carichi meccanici. Assorbimento d'acqua. Sbalzi di temperatura.	Deformazione della struttura.
Cambi rapidi di temperatura Sbalzi di temperatura. Riscaldamento differenziato.	Guasto meccanico, fessurazione, deterioramento della tenuta, perdite.
OzonoOssidazione rapida. Infragilimento (particolarmente per la gomma). Diminuzione della rigidità dielettrica dell'atmosfera.	Guasto elettrico, guasto meccanico, screpolature, fessurazioni.
Sollecitazioni meccaniche.Accelerazione costante Fatica. Risonanza. **Vibrazione** **Scosse e urti**	Guasto meccanico,aumento dell'usura delle parti mobili , deformazione della struttura.

Tabella – *Effetti fisici e possibili guasti che possono verificarsi sugli impianti elettrici in presenza di agenti ambientali negativi*

9.1.4.1 Temperatura

Il dimensionamento di un impianto di distribuzione deve tener conto della temperatura ambientale, ovvero, nel caso in cui un conduttore attraversi ambienti con differenti caratteristiche termiche, dei tratti di linea in cui il microclima termico raggiunge valori estremi.
Stante la vulnerabilità termica dei materiali isolanti impiegati per i cavi, è comunque opportuno valutare la possibilità di percorsi che evitino l'attraversamento di aree ad elevata temperatura.
Le norme e anche le specifiche fornite dai costruttori considerando come temperatura ambientale standard il valore di 30°C, con un margine di sopportabilità che consente punte di 35°C nelle ore più calde della giornata. Per le condutture interrate il valore di riferimento della temperatura per il calcolo della portata deve essere invece 20°C.
La tabella che segue, tratta dalla Norma CEI 11-17, sono riportate, per i diversi tipi di cavi, le temperature massime di servizio e quelle di cortocircuito.
Temperature di servizio più elevate di quelle indicate, anche per brevi periodi, producono un rammollimento dell'isolante termoplastico e una conseguente maggiore vulnerabilità alle sollecitazioni meccaniche.
Sovraccarichi di forte entità possono produrre dilatazioni termiche e dinamiche fra i componenti metallici del cavo, nonché lesioni all'isolante e alla guaina esterna.

Isolante del cavo	Temperatura max di servizio (°C)	Temperatura max di cortocircuito(°C)
Gomma ordinaria, G1 EI1	60	200
Gomma butilica (G2) e CSP (G6)	85	220
Gomma etilenpropilenica (G5, G7 E G10)	90	250 (1)
PVC qualità R, R2 TI1	70	160 (2)
PVC qualità Rf, TI2	70	150 (2)
Polietilene reticolato	90	250 (1)
Gomma siliconica (G4, EI2)	180	350
Gomma G9	90	250
1)Per sezioni > 240 mm^2e tensione nominale 0,6/1 kV questa temperatura deve essere ridotta a 220°C se il cavo è munito di una guaina di PVC. 2)Per sezioni • 240 mm^2 queste temperature devono essere ridotte a 140 °C.		

Tabella – *Temperature massime di servizio e di cortocircuito sopportate senza danni dai vari tipi di cavi*

Nel dimensionamento delle linee, le condizioni di posa influiscono non poco sulle possibilità di smantellamento del calore prodotto dal conduttore per effetto Joule. Queste possono variare lungo il percorso.
In particolare quando un cavo disposto su pareti viene fatto transitare, ad esempio per esigenze di protezione meccanica, attraverso un tubo o un canale, non è necessario ridurre il valore calcolato di portata, purchè il tratto incubato o incanalato non sia di lunghezza superiore a 1 metro.
In presenza di situazioni ambientali termicamente assai gravose è necessario ricorrere a cavi con isolamento speciale (ad esempio siliconico, in grado di resistere a temperature di 180°C), oppure a cavi con isolamento minerale.

Basse temperature
I cavi flessibili che durante l'esercizio è previsto siano soggetti a movimenti non possono venire impiegati se la loro temperatura – non di quella ambientale si parla ma bensì del cavo – è inferiore a 0°C per cavi in PVC, oppure a – 25°C per quelli in materiale elastomerico o in politilene. Uguale controindicazione, estesa ai cavi rigidi , va considerata per la messa in opera.

Irraggiamento solare
L'esposizione ai raggi solari sottopone l'isolamento dei cavi ad u invecchiamento precoce. Il degrado del materiale viene incrementato dal suo colore nero che, come noto, determina un assorbimento elevato dei raggi.
In fase di scelta del materiale, sapendo che questo verrà esposto in continuità ai raggi solari, è opportuno richiedere cavi con guaina di materiale idoneo.
Oppure, prevedere tettucci di schermatura, configurati in un modo tale che non ostacolino lo smaltimento del calore prodotto dal cavo stesso.
È inoltre consigliabile che le canalizzazioni chiuse portacavi siano di colore chiaro. Perciò che concerne gli accessori, in linea di massima si possono considerare idonei quelli adatti per installazione al'aperto.

Sorgenti di calore
Sorgenti di calore, come tubazioni contenenti liquidi a temperatura elevata, pareti di impianti a processo termico, lampade a filamento ed altre ancora, possono trasmettere ai cavi energia termica per irraggiamento, convenzione (attraverso fluidi) e conduzione.
Quando le linee non possono essere più di tanto allontanate da tali fonti di calore è necessario proteggerle dall'irraggiamento tramite idonei schermi (non di amianto) ed evitare il contatto diretto con le pareti calde delle canalizzazioni e delle relative mensole di sostegno. Altrimenti è necessario ricorrere a cavi con guaina di materiale resistente al calore.
È in ogni caso sconveniente posare un cavo al di sopra di una tubazione calda o anche nelle sue vicinanze, considerato il rischio aggiuntivo che s'andrebbe a creare per il personale addetto alla manutenzione idraulica, non di rado solito a impiegare per il proprio lavoro la fiamma ossidrica.

Allorché la fonte di calore fosse rappresentata dai morsetti di connessione del cavo all'utenza, andrebbe valutata l'opportunità di aumentare la dimensione del cavo e scegliere coperture isolanti adeguate al valore di temperatura in gioco.

9.1.4.2 Acqua

La guida CEI 20-40 "Guida per l'uso di cavi a bassa tensione" prevede, fra le influenze esterne, tre possibili livelli di presenza d'acqua:
-trascurabile (codice ADI);
-probabile caduta verticale di gocce (AD2);
-probabilità di onde, oppure getti potenti (AD6).

Apparecchiature, cassettoni, armadi, condotti e quant'altro è presente nell'impianto di distribuzione deve presentare un adeguato grado di protezione contro la penetrazioni dei liquidi. I numeri presenti nella codificazione di cui sopra possono essere fatti corrispondere a quelli richiesti per la seconda cifra caratteristica IP. Vale a dire IPX1; IPX2; IPX6.

Per ciò che concerne i cavi, quelli unipolari privi di guaina non sono adatti per il contatto diretto con l'acqua. È perciò necessario che all'interno delle tubazioni e dei canali che li contengono non possa penetrare acqua, né vi si possa formare per condensa. Gli accessori di giunzione, derivazioni e terminazione devono essere a tenuta stagna. Ove non fosse possibile il ricorso alla sigillatura è necessario prevedere idonee inclinazioni e forature di drenaggio.

Va da sè che il materiale metallico delle canalizzazioni e degli involucri deve essere adeguatamente protetto contro la corrosione e non deve essere posto in contatto con altri metalli che possano dare origine ad un attacco elettrolitico.

Per evitare che l'acqua penetrata possa stagnarvi, i cunicoli devono avere il fondo leggermente inclinato verso pozzetti perdenti da posizionare lungo il percorso. Gli stessi cavi o condotti si presentano a fungere da supporto di convogliamento dell'acqua che, tramite essi, potrebbe penetrare nei locali. Nei punti d'ingresso dei cavi negli edifici è pertanto necessario prevedere, oltre la sigillatura dello spazio libero fra i cavi e la parete, un'inclinazione tale per cui il condotto esterno si trova più basso rispetto a quello interno.

In generale, i cavi con guaina, se integri, sono protetti contro la penetrazione dell'acqua e quindi affrontano bene una situazione ambientale di livello AD1.

In presenza di gocce (livello AD2) che investono il cavo è invece già consigliabile scegliere prodotti con tensione nominale U0/U non inferiore a 300/500 V.
Con il livello AD6 la compatibilità può infine essere raggiunta solo con cavi in mescola di policloroprene (PCP), a tensione non inferiore a 450/750 V.

Contro il gocciolamento i cavi possono essere protetti da un idoneo tettuccio e anche contro le ondate e i getti potenti (sempre che sia possibile conoscerne con certezza la direzione d'impatto) si può far ricorso a schermature. Una protezione a schermo può ad esempio essere indispensabile laddove i cavi verrebbero investiti direttamente in seguito all'attivazione di un impianto antincendio ad acqua tipo sprinkler. Un'altra situazione impiantistica che sottopone i cavi al rischio d'immersione in acqua è quella della distribuzione sotto pavimento sopraelevato. In tutti quei casi in cui non è espressamente vietata la pulitura del pavimento (a pannelli accostati) mediante lo spargimento di liquidi, le norme prescrivono che nel punto di accoppiamento fra le torrette di distribuzione ed il pavimento si realizza un grado di protezione pari almeno a IP52. L'asse geometrico d'inserzione della spina nella presa deve, inoltre, risultare distanziato almeno 40 mm dal piano di calpestio.

Immersione

Allorché ne è richiesta l'immersione per brevi collegamenti subacquei (per collegamenti sottomarini sono, invece, necessari cavi del tutto particolari e tecniche di posa chr formano oggetto di normative specifiche), i cavi devono essere speciali, vale a dire muniti di guaina non igroscopica.

Nell'eventuale percorso sul fondo, il cavo deve essere protetto meccanicamente e, nel caso lo specchio d'acqua fosse accessibile ad imbarcazioni, si presenta la necessità di segnalare la presenza della conduttura elettrica, ricorrendo ai dispositivi prescritti dalla Marina per le acque territoriali.

Vanno evitati i cavi con armature nude o fasciale con materiale fibroso, poiché in caso di correnti di guasto a terra convogliate attraverso l'acqua potrebbero verificarsi nella zona pericolose differenze di potenziale. Gli eventuali cavi armati vanno perciò coperti per intero da una guaina isolante.

9.1.4.3 Rischio da flora e muffe

Negli ambienti in cui le condutture possono essere coinvolte da uno sviluppo di flora (rami e radici), dagli effetti corrosivi degli umori vegetali, oppure dalla formazione di muffe è opportuno proteggere i cavi in modo idoneo, ad esempio ponendoli entro tubazioni zincate. Altrimenti la scelta del cavo non può cadere su tipi con tensione nominale inferiore a 450/750 V, con guaina in policloroprene (PCP).

Occorre altresì porre attenzione al fatto che, in seguito alla copertura vegetale dei condotti, potrebbero verificarsi effetti di coibentazione termica.

9.1.4.4 Rischio di fauna

La presenza di insetti (specialmente termiti), uccelli, roditori o altri piccoli animali che potrebbero penetrare nei condotti e ledere l'integrità dei cavi, richiede tassativamente la loro segregazione entro condutture inaccessibili e non intaccabili, ad esempio, dai denti degli animali.
È inammissibile in questi casi la posa di cavi in aria, fatta eccezione per quelli speciali, dotati di un'armatura esterna che surroga il condotto protettivo.

9.1.4.5 Rischio da interramento

I cavi interrati direttamente nel terreno, ancorché necessariamente muniti di guaina, devono essere protetti contro lo schiacciamento (quando nella zona è possibile il transito di veicoli) e contro il danneggiamento diretto con badili, martelli pneumatici o mezzi meccanici di scavo.
Una prima precauzione sta nella profondità d'interramento che, per i sistemi di categoria zero e 1 (bassissima e bassa tensione) non deve essere inferiore a 0,5 m.
Una seconda precauzione sta nella stesura, parallela al cavo a circa a 0,2 m al di sopra di esso, di nastri monitori fatti con materiale inattaccabile dai microrganismi presenti nel terreno.
Una terza precauzione sta nel tipo di cavo impiegato. Se munito di armatura metallica di spessore non inferiore a 0,8 mm, può essere considerato meccanicamente autoprotetto. Altrimenti richiede la posa di una protezione meccanica supplementare, costituita da una piastra o da un regolo.
Le tre precauzioni vanno adottate insieme e possono venire integrate con la presenza di cartelli monitori triangolari di pericolo, portanti il simbolo della folgore ed una scritta tipo: "Cavi a…. V interrati ad una profondità di ….m".
Se ad essere interrato è un tubo, con funzione di condotto per uno o più cavi elettrici, questo deve essere in PVC pesante.
Eventuali condotti metallici o cavi senza guaina esterna, specialmente se esposti alla prevedibile presenza di correnti vaganti (per via della prossimità a tramvie o ferrovie) vanno dotati di protezione catodica.

Attraversamento di vie ferrate e strade

Per l'attraversamento interrato di ferrovie, tramvie, filovie e funicolari terrestri è necessario assumere alcune precauzioni per la salvaguardia delle linee in cavo.
In presenza di gallerie praticabili è sufficiente che il cavodotto si trovi ad almeno 0,5 m sotto la volta della galleria, oppure che sia protetto da coperture in cemento o mattoni.
Se invece l'attraversamento è in tubo o in cunicolo, la profondità d'interramento (anche rispetto a strade e autostrade9 deve essere pari ad almeno 1 m; oppure 1,5 m in caso di ferrovie di grande comunicazione. Il condotto di protezione del cavo o dei cavi deve estendersi per almeno 0,6 m fuori della sede ferroviaria o stradale.

Coesistenza con serbatoi o tubazioni metalliche

Il parallelismo fra i cavi ed eventuali tubazioni metalliche interrate (contenti aria compressa, acqua, olio e simili) è attuabile purchè venga rispettata la distanza minima di 0,3 m, misurata in proiezione orizzontale tra le superfici esterne. La distanza si può ridurre quando le due strutture presentano una differenza di quota fra le superfici esterne superiore a 0,5 m, o anche meno (fino a un minimo di 0,3 m) purchè venga fra di esse interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio in calcestruzzo o in materiale isolante rigido).
In presenza di serbatoi contenenti liquidi o gas non infiammabili, le superfici esterne dei cavi interrati debbono mantenersi in ogni loro punto ad una distanza di almeno 1 m.

Nei cunicoli è vietato posare insieme cavi e tubazioni di fluidi infiammabili; mentre è consentita la comunanza dei cavi con tubazioni di altro genere, purchè non vi sia contatto fisico tra i manufatti.
Ovviamente va considerata l'eventualità che le perdite, ad esempio di acqua, possano immergere il cavo; sul quale, in questo caso, sono da evitare giunzioni. Cosi come è necessario assicurare una coibentazione ottimale delle tubazioni di acqua calda.
Nelle gallerie praticabili, la coesistenza di cavi e tubazioni espone i manutentori della rete idrica e pneumatica, non di rado soliti a impiegare fiamme libere di saldatura, al rischio di elettrocuzione accidentale o comunque di coinvolgimento negli effetti di un corto circuito da loro stessi provocato agendo inavvertitamente sulla guaina dei cavi.

9.1.4.6 V ibrazioni

L'impiego di cavi rigidi è incompatibile con la presenza di vibrazioni.
Punti critici rimangono sempre, anche impiegando cavi flessibili, le connessioni, che vanno incontro a fenomeni di allentamento progressivo.
Si può ovviare all'inconveniente montando morsetti speciali e serraggi a bulloni con rondelle antiallentamento.
Tutti i punti di connessione degli impianti siti in locali soggetti a vibrazione devono essere accessibili con estrema facilità, onde agevolare il controllo manutentivo periodico dei serraggi. Se necessario, i condotti, le cassette, gli armadi o altri involucri contenenti giunzioni elettriche vanno muniti di giunti antivibranti.

9.1.4.7 Urti, flessioni e torsioni

L'urto meccanico contro un cavo deve essere comunque evitato tramite idonee protezioni. Per questo, in corrispondenza della parte bassa dei montanti, anche se gia costituiti da tubazioni metalliche o in PVC, vanno installati profilati ad "L" oppure ad "U" che proteggano le condutture contro l'urto da parte dei mezzi di trasporto, di merci o di strutture mobili.
Negli attraversamenti aerei delle vie di transito carrabili (sia esterne che interne) l'altezza deve tener conto delle dimensioni verticali massime che potrebbero avere i mezzi in transito. In caso d'incertezza o di necessità d'una posa non sufficientemente elevata, occorre installare cartelli segnaletici e, da entrambi i lati, barriere in profilato (opportunamente segnalate con una tinteggiatura a bande oblique gialle o nere) che proteggano le condutture elettriche.
Perciò che attiene le flessioni, soprattutto quelle frequenti, esercitate ad esempio su un cavo destinato ad alimentare un 'utenza mobile, esse rientrano nelle prestazioni dei cavi flessibili per utenze mobili; mentre non devono essere richieste a quelli rigidi per installazione fissa.
Parlando invece di torsione del cavo attorno al proprio asse longitudinale, se frequente richiederebbe la costruzione di cavi "ad hoc". La Norma CEI 20-40 offre alcuni dati orientativi: per i cavi normali, in previsione di rotazioni non frequenti lungo un arco massimo di 360° in entrambe le direzioni, prescrive una distanza fra i supporti d'amarra del cavo non inferiore a 50 volte il diametro del cavo ; mentre, in previsione di rotazioni frequenti, questa distanza andrebbe almeno raddoppiata. Con cavi "ad hoc" entrambi i coefficienti potrebbero essere dimezzati.
I cavi con una sezione di forma piatta non sono assolutamente in grado di sopportare torsioni; mentre, se a formazione flessibilissima, possono venire impiegati per l'alimentazione a festoni di utenze mobili (paranchi, carrelli ecc.).

9.1.5 Condutture per posa all'interno

9.1.5.1 Cavi di potenza

FS17 cavo unipolare senza guaina isolato in pvc (non propagante l'incendio);
FG16R16 0,6/1kV cavo unipolare isolato in gomma di qualità G7 con guaina in pvc (non propagante l'incendio);
FG16OR16 0,6/1kV cavo multipolare isolato in gomma di qualità G7 con guaina in pvc (non propagante l'incendio).
Dal punto di vista della propagazione dell'incendio, i cavi si distinguono in cavi non propaganti la fiamma e non propaganti l'incendio.

I cavi non propaganti la fiamma si comportano come autoestinguenti, cioè la fiamma si spegne quando si allontana la sorgente di calore, sole se esposti alla fiamma singolarmente, ma perdono tale proprietà se installati in fascio con percorso verticale. Di fatto tutti i cavi sono non propaganti la fiamma, salvo poche eccezioni.
I cavi non propaganti l'incendio, viceversa, si comportano come autoestinguenti anche se installati in fascio e con percorso verticale, secondo le condizioni di prova stabilite nelle norme CEI 20-22. Essi devono portare il contrassegno CEI 20-22 II, oppure CEI 20-22 III, stampigliato sull'isolante. Il numero romano II o III corrisponde, in relazione al tipo di cavo, al quantitativo di materiale combustibile presente in un metro del fascio di prova.
Tutti i cavi sopraindicati, sotto l'aspetto del comportamento all'incendio, possono essere installati negli ambienti ordinari, come gli uffici qui considerati, senza precauzioni speciali.

Da segnalare, infine, che nei grossi centri di calcolo può essere opportuno utilizzare cavi a bassa emissione di gas, fumi tossici e corrosivi (LSOH), ad evitare che i fumi di un principio d'incendio danneggino tutte le apparecchiature elettroniche.

9.1.5.2 Cavi per i circuiti di comando e di segnalazione

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

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

Tali tipi di cavo sono adatti per i circuiti di comando e di segnalazione alimentati a 230V o a bassissima tensione, anche se posati insieme a cavi di energia.
Se i circuiti di comando e di segnalazione sono a bassissima tensione (di sicurezza o no) e sono installati in tubi o canali separati dai cavi di energia possono anche essere adottati i seguenti tipi di cavi:

H03VV-F	cavo multipolare flessibile isolato in pvc e con guaina in pvc;
H03RN-F	cavo multipolare flessibile isolato in gomma, con guaina in policloroprene;

9.1.6 Condutture per posa all'esterno

Le condutture elettriche all'esterno possono essere realizzate con:

- Cavo interrato direttamente oppure posato in tubo o condotto di protezione;
- Cavo aereo autoportante, o fascettato su fune portante, o su palo a parete;
- Cavo in tubo fissato su strutture.

9.1.6.1 Tipi di cavo

Per la realizzazione degli impianti all'esterno, si possono adottare i tipi di cavo, con conduttori in rame, di seguito indicati. (CEI 20-40 & CEI 20-67)

Posa fissa, solo all'interno

- HO7V-K cavo unipolare isolato in PVC, conduttore flessibile per posa fissa (non propagante la fiamma); (CEI 20-20 & CEI 20-35)
- NO7V-K cavo unipolare isolato in PVC, conduttore flessibile per posa fissa (non propagante l'incendio); (CEI 20-20 & CEI 20-22)
- HO7V-U cavo unipolare isolato in PVC, conduttore in corda rigida (R) o a filo (U) (non propagante
- HO7V-R la fiamma); (CEI 20-20 & CEI 20-35)

•FROR 450/750 V cavo multipolare, con isolamento e guaina in PVC, conduttore flessibile, utilizzabile anche per posa mobile, ma solo all'interno (non propagante l'incendio).

Posa fissa, all'interno e all'esterno (anche interrata)

•FG16R16 0,6/1 kV
•FG16OR16 0,6/1 kV

Posa mobile, all'interno e all'esterno (non interrata)

•HO7RN-F cavo unipolare o multipolare, isolato in gomma (R) con guaina in policloroprene (N, commercialmente denominato "neoprene"), resistente all'acqua e all'abrasione, per posa mobile (non propagante la fiamma); (CEI 20-19 & CEI 20-35)
•HO7BQ-F cavo multipolare, isolato in gomma etilenpropilenica e guaina in poliuterano, resistente all'acqua e all'abrasione, per posa mobile. (CEI 20-19)

Per i circuiti di comando o segnalazione, oltre ai cavi indicati idonei per i circuiti di energia, possono essere scelti i seguenti tipi di cavi (conduttori in rame), per posa all'interno:

•HO5V-K cavo unipolare isolato in PVC, conduttore flessibile per posa fissa (non propagante la fiamma); (CEI 20-20 & CEI 20-35)
•H05RN-F cavo multipolare flessibile isolato in gomma, con guaina in policloroprene, flessibile per posa mobile resistente all'acqua e all'abrasione (non propagante la fiamma);
•(CEI 20-19 & CEI 20-35)
•FROR 300/500V cavo multipolare con isolamento e guaina in PVC, conduttore flessibile, utilizzabile anche per posa mobile, ma solo all'interno (non propagante l'incendio).
•(CEI 20-20 & CEI 20-22)

9.1.6.2 Tipologia di posa interrata

I cavi interrati possono essere posati:
•Direttamente nel terreno;
•Entro i tubi;
•In condotti o cunicoli.

In ogni caso, i cavi interrati devono essere muniti di guaina.
La guaina serve per proteggere le anime del cavo dalle sollecitazioni meccaniche durante la posa e preservarle dal contatto con l'acqua. Sono adatti per posa interrata i cavi con tensione nominale 0,6/1kV, con isolante in PVC.
I cavi posati direttamente nel terreno o in tubi protettivi di tipo 250 devono essere posti a una profondità di almeno 0,5m e avere una protezione meccanica supplementare, che serve ad evidenziare la presenza in occasione di scavo.
La profondità minima di posa e la protezione meccanica supplementare non sono però richieste se il cavo è posto in tubo protettivo di tipo 450 o 750. Una tubazione isolante, annegata in una pavimentazione esterna in getto di calcestruzzo, si può ritenere sufficientemente protetta; non è perciò richiesta una profondità minima di posa.
Anche per i condotti e cunicoli non è richiesta una profondità minima di posa.
Nel caso di cavi direttamente interrati, per evitare che ciottoli o asperità presenti sul fondo dello scavo possano danneggiare il cavo durante la movimentazione e a seguito della compattazione del terreno, è opportuno predisporre un "letto" di posa in sabbia, o terra vagliata.
I cavi interrati in prossimità di altri cavi o tubazioni di altri servizi, o di strutture metalliche particolari, come cisterne per carburanti, serbatoi di GPL, ecc., devono essere posati osservando prescrizioni particolari e distanze minime di rispetto.

10 QUADRI ELETTRICI

10.1 Quadri elettrici per bassa tensione a norma CEI 17-13

Un quadro elettrico è da considerare un componente dell'impianto, come ad esempio un interruttore o una presa a spina. I componenti dell'impianto devono rispondere alle relative norme di prodotto ed hanno un costruttore che risponde di tale conformità. Analogamente, un quadro elettrico deve essere conforme alle norme **CEI 17-13** 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 identificazione in modo che sia possibile ottenere le informazioni previste dalla norma, in genere riportate in catalogo.

Nulla toglie che la stessa impresa installatrice sia anche il costruttore del quadro, ma in tal caso assomma in sé le due figure e le relative responsabilità.

10.1.1 Quadri AS ed ANS

La norma CEI 17-13 distingue due tipi di quadri:

- 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 state costituite 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 seguito 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 del 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 specifiche. 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 al personale elettricamente addestrato. In definitiva, si ritiene che sia necessario utilizzare i quadri ASD solo in casi eccezionali.

10.1.2 Tenuta del cortocircuito

Secondo la norma CEI 17-13 il 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 nominale ammissibile di breve durata (Icw), 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 a monte del quadro ma specificato dal costruttore del quadro stesso, la tenuta al cortocircuito è individuata dalla corrente nominale di cortocircuito condizionata (Icc).
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 (Icp) non superi la corrente ammissibile di breve durata (Icw) o la corrente di cortocircuito condizionata (Icc).

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 10kA.
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 17kA (valore di picco) in corrispondenza del suo potere d'interruzione.
I quadri AS devono essere sottoposti alla prova di cortocircuito, salvo le eccezioni 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.

10.1.3 Limiti di sovratensione

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.
In base alla norma CEI 17-13 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.

10.2 Quadri per uso domestico e similare

Ai quadri ad uso domestico e similare si applica la norma **CEI 23-51** ; il cui ambito di applicazione si estende dall'ambito civile fino all'industria e al terziario. L'applicazione della norma CEI 17-13/1 ai piccoli quadri è, infatti, complessa e spropositata rispetto ai problemi da risolvere, sostanzialmente di natura termica.

10.2.1 Campo di applicazione della norma CEI 23-51

Per individuare il campo di applicazione della norma CEI 23-51 occorre innanzi tutto definire la corrente nominale del quadro I_{nq}.
La corrente nominale del quadro $\mathbf{I_{nq}}$ è il valore più basso tra la corrente nominale in entrata I_{ne} e la corrente nominale in uscita I_{nu}.
Per corrente nominale di entrata $\mathbf{I_{ne}}$ del quadro si intende l'85 % della corrente nominale del dispositivo di protezione e/o di manovra di ingresso al quadro.
La corrente nominale in uscita $\mathbf{I_{nu}}$ del quadro è la somma delle correnti nominali di tutti i dispositivi di protezione e/o di manovra in uscita destinati ad essere utilizzati contemporaneamente.
Se, come spesso accade, non è noto a priori quali circuiti siano destinati ad essere utilizzati contemporaneamente, quale corrente in uscita I_{nu} si considera la somma delle correnti nominali di tutti i dispositivi in uscita.
Agli involucri (vuoti) dei quadri fissi per uso domestico e similare si applica la norma sperimentale CEI 23-49. Sulla base di questa norma, il costruttore dell'involucro può stabilire qual è la potenza massima dissipabile dall'involucro, nelle condizioni d'installazione previste, senza che la sovratemperatura superi in nessun punto della superficie esterna 30K. Il costruttore fornisce quindi all'installatore al valore della massima potenza dissipabile dall'involucro e le istruzioni per il corretto montaggio.

La norma CEI 23-51 si applica ai quadri di distribuzione per installazione fissa, per uso domestico e similare, realizzati assiepando involucri vuoti, conformi alla norma sperimentale CEI 23-49, con dispositivi di protezione ed apparecchi che nell'uso ordinario dissipano una potenza non trascurabile, ad esempio interruttori automatici e differenziali, trasformatori, lampade, ecc. (CEI 23-51 art. 1.2)

Tali quadri devono essere:

- Adatti ad essere utilizzati a temperatura ambiente normalmente non superiori a 25°C, ma che occasionalmente può raggiungere 35°C;
- Destinati all'uso in corrente alternata con tensione nominale non superiore a 440V;
- Con corrente nominale in entrata (I_{ne}) non superiore a 125A;
- Con corrente presunta di cortocircuito (I_{cp}) nel punto d'installazione non superiore a 10kA (valore efficace della componente simmetrica) o protetti da dispositivi limitatori di corrente aventi corrente limitata (I_{nu}) non eccedente 17kA (valore di picco) in corrispondenza del loro potere d'interruzione nominale.

Le verifiche a cui devono essere sottoposti i quadri secondo la norma CEI 23-51 sono semplicissime se il quadro è monofase con corrente nominale fino a 32A (quadrettini); si complicano leggermente negli altri casi (quadretti).
Se il quadro ha corrente nominale in entrata superiore a 125A esce dal campo di applicazione della norma CEI 23-51 e si applicano le norme CEI 17-13 (quadri).

10.2.2 La targa

Secondo la norma CEI 23-51 la targa può essere esposta anche dietro la portella e deve portare in modo indelebile i seguenti dati:

- Nome o marchio del costruttore,
- Tipo del quadro (o altro mezzo di identificazione),
- Corrente nominale del quadro,
- Natura della corrente e frequenza,
- Tensione nominale di funzionamento,
- Grado di protezione, se superiore a IP2XC,
- Simbolo d'isolamento doppio o rinforzato (classe II), se applicabile.

10.2.3 Verifiche e prove

La norma CEI 23-51 prevede le seguenti verifiche e prove. (CEI 23-51 art. 6.1)

A. Verifica della costruzione e identificazione.

Si verifica a vista che il quadro abbia al targa coni dati richiesti e si controlla la conformità del quadro agli schemi circuitali e ai dati tecnici.

B. Verifica del corretto cablaggio, del funzionamento meccanico e, se necessario, del funzionamento elettrico.

Si effettua un controllo del corretto montaggio degli apparecchi, della sistemazione dei cavi e una prova del funzionamento elettrico, se la complessità del quadro lo richiede.

C. Efficienza del circuito di protezione.

Nei quadri metallici ci si deve assicurare del buon collegamento delle masse al conduttore di protezione, a vista o con prova strumentale.

D. Prova della resistenza d'isolamento.

La resistenza d'isolamento tra conduttori attivi e verso massa, misurata a 500V, deve essere almeno 1000 • /V riferita alla tensione nominale verso terra del circuito.

E. Verifica dei limiti di sovratemperatura.

Vedasi punto successivo.

Il grado di protezione del quadro è quello dichiarato dal costruttore dell'involucro, se questo è stato installato secondo le istruzioni del costruttore.
I quadri alimentati in monofase e aventi corrente nominale fino a 32 A sono sottoposti alle verifiche A e B; se metallici anche la prova C.
Gli altri quadri sono sottoposti anche alle prove D e E.

10.2.3.1 Verifica dei limiti di sovratemperatura

I dispositivi installati all'interno dell'involucro devono dissipare nel loro complesso una potenza non superiore a quella dissipabile dall'involucro stesso.
A tal fine deve essere verificata la relazione:

$$1{,}2\ P_{dp} + P_{au} \bullet P_{inv}$$

dove:

- P_{dp} è la potenza dissipata dai dispositivi di protezione e/o di manovra;
- P_{au} è la potenza dissipata dai dispositivi ausiliari, ad esempio trasformatori, lampade,ecc.;
- P_{inv} è la potenza dissipabile dall'involucro, dichiarata dal costruttore dell'involucro stesso.

Il coefficiente 1,2 tiene conto in modo forfetario della potenza dissipata dai collegamenti, dalle prese a spina, relè, timer, ecc.
Il costruttore dei dispositivi di protezione e/o di manovra indica la potenza dissipata per ciascun polo alla corrente nominale (si trascura il polo di neutro nei dispositivi quadripolari).
Per trovare la vera potenza dissipata, bisogna tenere conto della corrente che effettivamente percorre il polo.
A tal fine la norma introduce due fattori:

- Il fattore di utilizzo in entrata K_e, e
- Il fattore di contemporaneità in uscita K.

Il fattore di utilizzo in entrata K_e è convenzionalmente uguale a 0,85, oppure se minore, al rapporto I_{nu}/I_n essendo I_n la corrente nominale del dispositivo in entrata e I_{nu} la corrente nominale in uscita del

quadro. In altre parole il fattore K_e rappresenta la frazione della corrente I_n alla quale l'interruttore d'ingresso viene utilizzato.
La potenza dissipata dalla corrente nominale andrà allora moltiplicata per K_e^2 per trovare la potenza effettiva dissipata alla corrente K_e I_n.

Per i circuiti in uscita il problema è analogo, poiché non tutti i circuiti sono utilizzati contemporaneamente. La norma stabilisce valori convenzionali del fattore di contemporaneità, tanto più bassi quanto maggiore è il numero di circuiti in uscita,vedi tabella di seguito allegata.
Anche per i circuiti in uscita la potenza dissipata alla corrente nominale va moltiplicata per K^2 per trovare la potenza effettivamente dissipata alla corrente K_{in}.
Quando sono noti i carichi alimentati dai circuiti in uscita, il fattore di contemporaneità è il rapporto tra la corrente di carico e la correte nominale del dispositivo di protezione e/o di manovra, lo stesso dicasi per il fattore di utilizzo.

Numero di circuiti in Uscita	**Fattore di contemporaneità K**
Fino a 3	0,8
Da 4 a 5	0,7
Da 6 a 9	0,6
Oltre 9	0,5

Tabella 5.A – *Fattore di contemporaneità K.*

11 IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ENERGIA

11.1 APPARECCHI DI COMANDO

Nei circuiti bipolari (fase-fase o fase-neutro) gli interruttori di comando, ad esempio per il circuito luce, possono essere unipolari, ma su circuiti fase-neutro devono essere inseriti sul conduttore di fase.
Gli interruttori di comando, i deviatori e gli invertitori per i punti luce sono da 10 A; gli interruttori per le prese "comandate" devono avere la stessa corrente nominale della presa.

11.2 PRESE A SPINA

Le prese per uso domestico e similare più diffuse sono le seguenti,

- P11 2P+T 10A - a poli allineati con alveoli schermati;
- P17 2P+T 16A - a poli allineati con alveoli schermati ;
- P17/11 2P+T 10/16A - a poli allineati con alveoli schermati (presa a ricettività multipla, comunemente detta bipasso);
- P30 2P+T 10/16A - con terra laterale e centrale ed alveoli schermati;
- Shuko 2P+T 16A - con terra laterale.

Le prese P17/11 2P+T 10/16° bipasso con alveoli schermati sono da preferire per la loro versatilità.
Inoltre per l'alimentazione di lavabiancheria e lavastoviglie, che sono a volte dotate di spine di tipo tedesco (shuko), è opportuno installare prese tipo P30 con terra laterale e centrale, adatte a ricevere sia le spine del tipo schuko sia quelle a poli allineati.
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 trifasi.

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. *(CEI 64-8/5 art..537.5.5)*

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. *(CEI 64-8/5 art.537.5.2)*
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 kA • 6 kA ed il circuito non è protetto da fusibili o interruttori 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. *(CEI 64-8/5 art.531.2.1.5)*

È 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. Se uno stesso dispositivo di protezione protegge più prese, queste non potranno essere utilizzate contemporaneamente alla corrente nominale, ma solo per una corrente complessiva non superiore alla corrente nominale I_n del dispositivo suddetto.

Se si vuole che più prese funzionino contemporaneamente alla propria corrente nominale si può proteggere singolarmente ogni presa e dimensionare la linea di alimentazione per una corrente maggiore.

L'art. 311 del DPR 27/4/55 n.547 richiede un interruttore a monte della presa a spina per l'alimentazione di macchine e apparecchi di potenza superiore a 1000 W.

Non è richiesto che l'interruttore sia interbloccato con la presa, né che sia immediatamente a monte della presa stessa, né è infine richiesto un interruttore per ogni presa. L'interruttore automatico di protezione del circuito installato sul quadro soddisfa pertanto quanto prescritto dall'articolo in questione .

La protezione con interruttori differenziali con I_{dn} • 30 mA è anche richiesta per le prese a spina fino a 32 A, destinate ad alimentare apparecchi utilizzatori mobili usati all'esterno. *(CEI 64-8/5 art.412.5.3)*

11.3 PRESCRIZIONI PER BAGNI E DOCCE

11.3.1 REGOLE D'INSTALLAZIONE SECONDO LE ZONE

Tutti icircuiti delle zone 0, 1, 2, 3 del locale da bagno, o doccia, devono essere protetti da un interruttore differenziale con $I_{dn} \leq$ 30mA.

È importante conoscere preventivamente la posizione della doccia e/o vasca da bagno per definire con precisione le zone di pericolosità, in base alle quali sono definite le regole di installazione.

Le figure 1, 2, 3 di seguito riportate mostrano l'estensione delle zone.

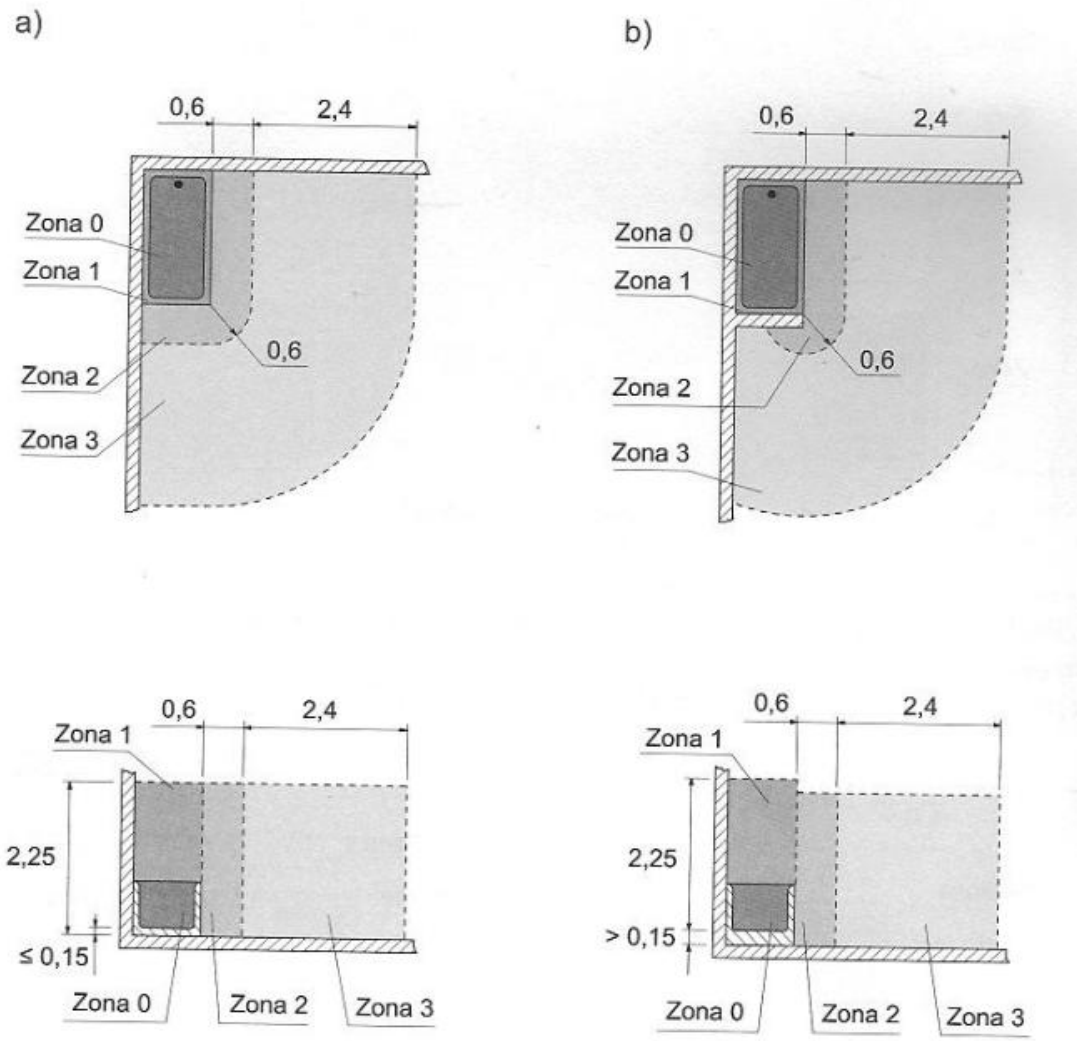

FIGURA *1-Individuazione delle zone nei locali da bagno (quote in metri).*

- *L'altezza della zona 1 è misurata dal pavimento, perché il fondo della vasca si trova a meno di 15 cm dal pavimento stesso.*
- *L'altezza della zona 1 è misurata dal fondo della vasca, essendo questa a più di 15 cm dal pavimento. Inoltre il muretto sul bordo della vasca riduce l'estensione della zona 2.*

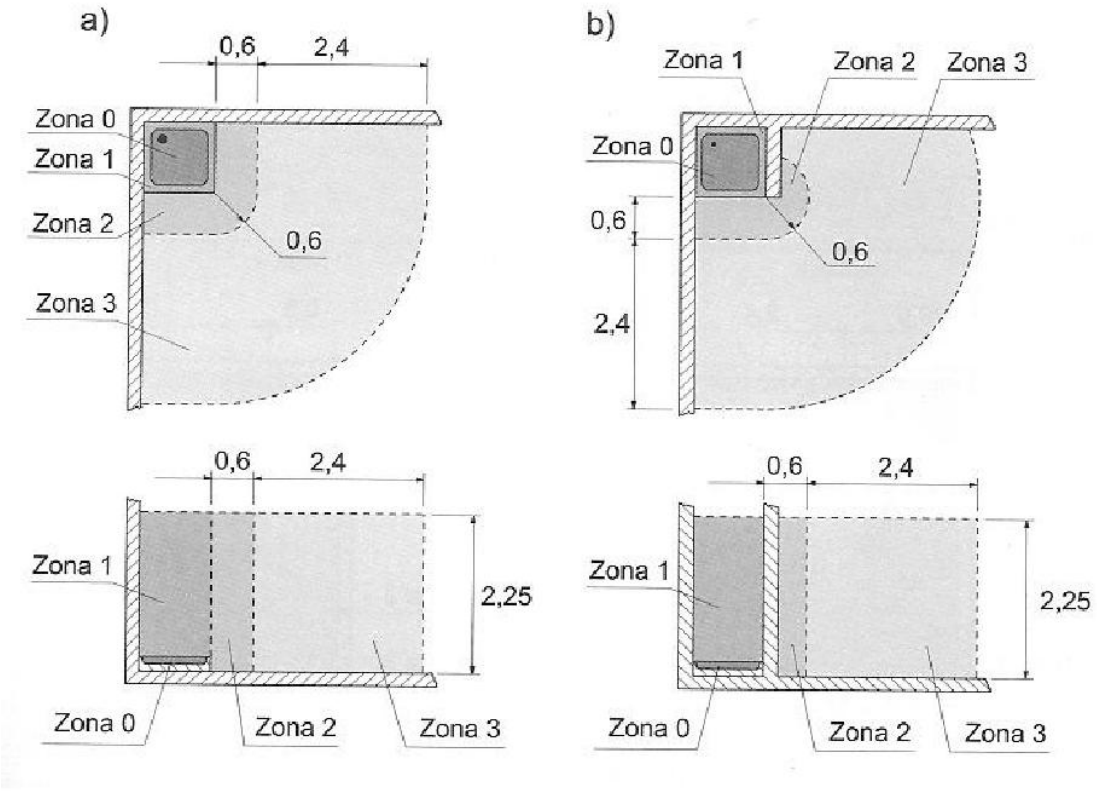

FIGURA *2-Individuazione delle zone nei locali doccia (quote in metri).*

- *Estensione delle zone intorno al piatto doccia.*
- *La presenza di un ostacolo fisso modifica l'estensione della zona 2.*

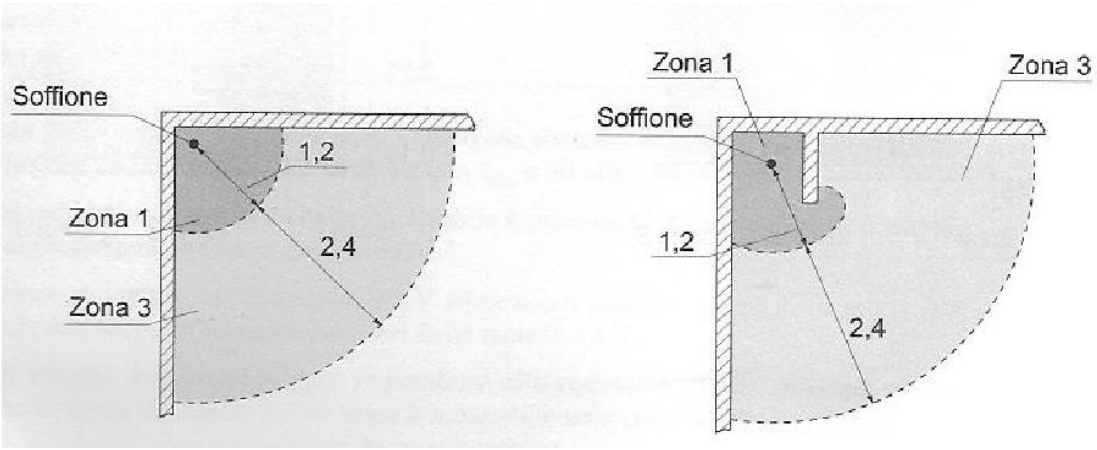

FIGURA*3-Individuazione delle zone nei locali doccia, senza piatto doccia (quote in metri).*

-Scompare la zona 2. La zona 1 si estende fino a 1,2 m dal soffione agganciato.

-La presenza di un ostacolo fisso deforma la zona 1.

Le zone non si estendono all'esterno del locale attraverso le aperture munite di serramenti: ciò vuol dire che l'interruttore posto fuori dalla porta del bagno è ammissibile, anche se dista meno di 60 cm dal bordo della vasca. Le zone sono inoltre modificate dalla presenza di ripari fissi, figure 2, 3.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Grado di protezione minimo contro la penetrazione di liquidi (art.701.512.2)	IPX4[2]	IPX4[2]	-[2]
Dispositivi di comando, protezione, ecc.	Vietati[2]	Vietati[3]	Ammessi
Apparecchi utilizzatori	Ammessi: • Apparecchi di illuminazione SELV • Scalda acqua elettrici[4] [5]	Ammessi oltre a quelli della zona 1: • App.illum., di riscaldamento, unità per idromassaggio di classe II o di classe I • Ventilatori aspiratori di classe II	Nessuna limitazione (regole generali)
Prese a spina (art.701.53)	Vietate	Ammesse prese per rasoi elettrici con proprio trasformatore di classe II incorporato [6]	Ammesse
Condutture elettriche (eccetto quelle incassate a profondità maggiore di 5 cm) (art. 701.52)	Limitate a quelle che alimentano apparecchi posti nelle zone 1 e 2. Isolamento corrispondente alla classe II e senza tubazioni metalliche . Cassette di derivazione o giunzione non ammesse.		Nessuna limitazione (regole generali)
Collegamento equipotenziale supplementare (art. 701.413.1.6)	Richiesto	Richiesto	Richiesto

(1) Si ipotizza che, come in genere accade, l'impianto elettrico del locale da bagno/doccia sia protetto con un interruttore differenziale con $I_{dn} \leq$ 30mA.

(2) Nei bagni pubblici o destinati a comunità, quando è prevista la pulizia con getti d'acqua, il grado di protezione minimo richiesto è IPX5

(3) Ad eccezione di interruttori di circuiti SELV alimentati a tensione fino a 12V in c.a o a 30V in c.c. con sorgente di sicurezza fuori dalle zone 0,1 e 2.

(4) Unità per vasche da idromassaggio rispondenti alle rispettive norme possono essere poste sotto la vasca da bagno, se tale zona è accessibile solo con l'ausilio di attrezzo ed è effettuato il collegamento equipotenziale supplementare. Sono ammessi elementi riscaldanti annegati nel pavimento, se ricoperti con griglia o schermo metallico collegato a terra, connesso al collegamento equipotenziale.

(5) Gli scaldacqua con grado di protezione IPX4, ammessi in zona 1, sono difficilmente reperibili in commercio.

(6) Le prese a spina per rasoi elettrici, con grado di protezione < IPX4, sono ammesse in zona 2 se non sono esposte a spruzzi, ad esempio sono installate dietro uno schermo che deforma la zona 2.

La tabella precedente riassume le regole di installazione nelle zone 1, 2 e 3.
Nella zona 0 (dentro la vasca) sono ammessi dalla norma apparecchi fissi SELV (12V c.a. e 30V c.c.), purché previsti per tale scopo nelle relative norme di prodotto, ma se ne sconsiglia l'uso.

11.3.2COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI SUPPLEMENTARI

In fase di allestimento del locale da bagno, occorre effettuare i collegamenti equipotenziali supplementari sulle tubazioni metalliche all'ingresso (o uscita) del locale. Non sono necessari altri collegamenti a valle.
La vasca da bagno non è in genere in contatto con i ferri del cemento armato: non è quindi una massa estranea e non è necessario collegarla all'insieme equipotenziale.
I collegamenti equipotenziali supplementari vanno effettuati con conduttori di sezione 2,5 mm^2 se protetti con tubo, oppure 4 mm2 se installati direttamente sotto intonaco o sotto pavimento.

Tali collegamenti vanno eseguiti con “collari” di materiale tale da evitare fenomeni corrosivi : ad esempio di acciaio inox o di ottono per tubazioni di acciaio zincato, in rame o in ottone per tubazioni in rame.
I conduttori equipotenziali sono da collegare al conduttore di protezione nella cassetta di giunzione più vicina.
I collegamenti equipotenziali supplementari non sono richiesti in assenza della vasca da bagno o della doccia (locale servizi igienici).

11.3.3VASCA PER IDROMASSAGGIO

L’installazione della vasca da bagno per idromassaggio non comporta particolari accorgimenti impiantistici; valgono le stesse regole e zone indicate precedentemente.
La vasca per idromassaggio deve essere conforme alle relative norme ed essere protetta con interruttore differenziale con I_{dn} □ 30mA.
È sufficiente allo scopo la protezione differenziale del quadro di appartamento.
Per maggiore sicurezza si può prevedere un apposito interruttore differenziale con Idn □ 10mA

12 CIRCUITI DI COMANDO E SEGNALAZIONE

I circuiti di comando (ad esempio apri-porta) e di segnalazione (ad esempio campanelli) possono essere alimentati anche alla tensione di 230V, ma per la maggiore sicurezza è meglio prevederli a "bassissima tensione di sicurezza" (SELV).
I circuiti SELV devono essere alimentati da un trasformatore di sicurezza o da altra sorgente di sicurezza; non devono avere alcun punto, né le masse, a terra. Il trasformatore di sicurezza ha una tensione secondaria a vuoto fino a 50V e un isolamento doppio o rinforzato tra gli avvolgimenti, oppure uno schermo collegato a terra.
Un trasformatore di sicurezza deve essere conforme alla norma CEI 96-7 e portare in targa il relativo simbolo.
I tipi di cavi prescelti per i circuiti di comando e di segnalazione sono:

H05V-K:	cavo unipolare isolato in PVC, ad esempio per il circuito del campanello;
FROR 300/500V:	cavo multipolare isolato in PVC con guaina in PVC, ad esempio impianto citofonico all'interno dell'edificio;
H05RN-F	cavo multipolare flessibile isolato in gomma, con guaina in policloroprene, ad esempio per l'apri – porta o per l'apri – cancello.

Il trasformatore di sicurezza per campanelli installato sul quadro deve avere i morsetti di uscita (SELV) segregati o distanziati, al fine di evitare contatti con i circuiti a 230V.
È opportuno che il suono del campanello di ingresso dell'appartamento sia diverso da quello dell'eventuale campanello del bagno.

13ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA

13.1 Illuminazione di sicurezza nei luoghi di lavoro

Il *D.L. 9 Aprile 2008 n° 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro",* cosidetto *"Testo unico sulla sicurezza sul lavoro",* richiede l'illuminazione di sicurezza nei luoghi di lavoro:

"Allegato IV art. 1.10.7 'Illuminazione sussidiaria'
Negli stabilimenti e negli altri luoghi di lavoro devono esistere mezzi di illuminazione sussidiaria da impiegare in caso di necessità. Detti mezzi devono essere tenuti in posti noti al personale, conservati in costante efficienza ed essere adeguati alle condizioni ed alle necessità del loro impiego. Quando siano presenti più di 100 lavoratori e la loro uscita all'aperto in condizioni di oscurità non sia sicura ed agevole; quando l'abbandono imprevedibile ed immediato del governo delle macchine o degli apparecchi sia di pregiudizio per la sicurezza delle persone o degli impianti; quando si lavorino o siano depositate materie esplodenti o infiammabili, l'illuminazione sussidiaria deve essere fornita con mezzi di sicurezza atti ad entrare immediatamente in funzione in caso di necessità ed a garantire un'illuminazione sufficiente per intensità. durata, per numero e distribuzione delle sorgenti luminose, nei luoghi nei quali la mancanza di illuminazione costituirebbe pericolo. Se detti mezzi non sono costruiti in modo da entrare immediatamente in funzione, i dispositivi di accensione devono essere a facile portata di mano e le istruzioni sull'uso dei mezzi stessi devono essere rese manifeste al personale mediante appositi avvisi.
L'abbandono dei posti di lavoro e l'uscita all'aperto del personale deve, qualora sia necessario ai fini della sicurezza, essere disposto prima dell'esaurimento delle fonti della illuminazione sussidiaria.
Ove sia prestabilita la continuazione del lavoro anche in caso di mancanza dell'illuminazione artificiale normale, quella sussidiaria deve essere fornita da un impianto fisso atto a consentire la prosecuzione del lavoro in condizioni di sufficiente visibilità."

Anche il *D.M. 10/03/98,* che riporta i criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro, richiede l'illuminazione di sicurezza:

"DM 10/03/98, Allegato III art. 3.13 'Illuminazione delle vie di uscita'
Tutte le vie di uscita, inclusi anche i percorsi esterni devono essere adeguatamente illuminati per consentire la loro percorribilità in sicurezza fino all'uscita su luogo sicuro.
Nelle aree prive di illuminazione naturale o utilizzate in assenza di illuminazione naturale, deve essere previsto un sistema di illuminazione di sicurezza con inserimento automatico in caso di interruzione dell'alimentazione di rete."

Le suddette disposizioni non forniscono indicazioni precise circa l'autonomia, il tempo di intervento, il tempo di ricarica e l'illuminamento che l'impianto d'illuminazione di sicurezza deve fornire. Occorre quindi far riferimento alla norma UNI EN 1838 par.1.2 ed alle altre disposizioni eventualmente applicabili.

13.2 Illuminazione di sicurezza nelle strutture ospedaliere e similari

Il DM 18/09/02 richiede ai fini antincendio l'illuminazione di sicurezza con illuminamento minimo 5 lux (ad 1 metro dal piano di calpestio) lungo le vie di uscita e nelle aree di tipo C (aree destinate a prestazioni medico sanitarie di tipo ambulatoriale in cui non è previsto il ricovero di pazienti) ed in quelle di tipo D

(aree destinate a ricovero in regime ospedaliero e/o residenziale nonché aree adibite ad unità speciali. E' ammesso il ricorso ad apparecchi di emergenza autoalimentati purchè sia garantito il loro funzionamento per almeno 2 ore (con tempo di ricarica 12 ore). Per quanto non specficato nel DM 18/09/02 si fa riferimento alle prescrizioni generali della norma UNI EN 1838

13.3 Prescrizioni della norma UNI EN 1838

13.3.1 Illuminazione delle vie di esodo

La norma UNI EN 1838, prevede nelle vie di esodo di larghezza fino a due metri un illuminamento minimo sul pavimento, calcolato in assenza di riflessioni, di:

- 1 lx sulla linea mediana della via di esodo,
- 0,5 lx in una fascia centrale della via di esodo pari alla metà della larghezza.

Vie di esodo di larghezza superiore a due metri possono essere trattate come insieme di strisce parallele di due metri di larghezza.
Ai fini dell'uniformità, inoltre, il rapporto fra illuminamento massimo e minimo lungo l'asse centrale della via di esodo non deve superare 40. A tal fine sono preferibili più apparecchi di illuminazione con flusso luminoso contenuto, piuttosto che pochi apparecchi con flusso luminoso elevato; ciò migliora anche l'affidabilità dell'illuminazione di sicurezza, poiché il guasto di un apparecchio produce una diminuzione minore dell'illuminamento.
È particolarmente importante illuminare, in condizioni di emergenza, i punti critici del percorso come i dislivelli, gli eventuali ostacoli, i cambiamenti di direzione , ecc.
Secondo le norme UNI EN 1838 e EN 50172 (CEI 34-111) per illuminare le vie di esodo deve essere disposto almeno un apparecchio di emergenza in corrispondenza di ogni:

- uscita di sicurezza obbligatoria e porta di uscita prevista per l'uso in emergenza;
- vicino alle scale (entro 2 m) in modo che ogni rampa riceva luce diretta;
- cambio di livello (gradino), entro 2 m;
- cambio di direzione;
- incrocio di corridoi.

Un apparecchio di emergenza, inoltre, deve essere installato in corrispondenza del luogo sicuro, al termine delle vie d'esodo, dove le persone confluiscono. Tale apparecchio deve fornire un illuminamento pari a quello prescritto nella corrispondente via di esodo, EN 50172, art. 5.4.1.
Gli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza vanno inoltre installati in corrispondenza dei posti di pronto soccorso, dei punti di chiamata e delle attrezzature antincendio (estintori, idranti).
Se tali punti non sono ubicati nelle vie di esodo o in zone con illuminazione antipanico, deve essere garantito un livello di illuminamento di almeno 5 lx misurato sul pavimento, UNI EN 1838, art.4.1.

13.3.2Illuminazione antipanico

Quando è richiesta l'illuminazione antipanico, l'illuminamento minimo richiesto, senza considerare le riflessioni delle pareti, del soffitto e del pavimento del locale, è di 0,5 lx al suolo sull'intera area, con esclusione di una fascia perimetrale di 0,5 m, UNI EN 1838, art.4.3.1, salvo quando richiesto da disposizioni particolari.
In ogni locale o ambiente devono essere previsti almeno due apparecchi di emergenza, per evitare che, in caso di guasto dell'unico apparecchio presente, le persone piombino nella completa oscurità (EN 50172, art.5.3).
L'illuminazione antipanico deve essere sufficientemente uniforme: il rapporto tra l'illuminamento massimo e minimo non deve superare 40, UNI EN 1838, art.4.3.2.
Gli apparecchi di illuminazione antipanico devono essere installati almeno a 2 m di altezza dal piano di calpestio.

13.3.3 Illuminazione di sicurezza nelle attività ad alto rischio

Deve essere garantito un illuminamento di sicurezza sul piano di riferimento (ad esempio il piano di lavoro) pari ad almeno il 10% dell'illuminamento necessario in condizioni ordinarie, con un minimo di 15 lx, UNI EN 1838, art.4.4.1.
É richiesto inoltre che l'uniformità di illuminamento della zona ad alto rischio, cioè il rapporto fra illuminamento massimo e minimo, non sia superiore a 10.
L'illuminamento deve essere ottenuto con sorgenti luminose che non creino effetto stroboscopico.
L'effetto stroboscopico si verifica quando la sorgente di illuminazione ha variazioni di flusso (flickering) di frequenza uguale o simile a quella degli organi in movimento; in tal caso l'organo in movimento periodico appare fermo.

13.3.4 Disponibilità, autonomia e tempo di ricarica

Disponibilità
L'illuminazione di sicurezza per l'esodo e antipanico deve raggiungere il 50% del livello minimo di illuminamento entro 5 s dal mancare dell'illuminazione ordinaria e raggiungere il livello di illuminamento prescritto entro 60 s, UNI EN 1838, art. 4.2.6 e art. 4.3.6.
L'illuminazione di sicurezza nelle attività ad alto rischio deve fornire l'illuminamento richiesto senza soluzione di continuità, o entro 0,5 s secondo le applicazioni, UNI EN 1838, art. 4.4.6.
Quanto sopra si applica in mancanza di disposizioni particolari che specifichino il tempo entro il quale l'illuminazione di sicurzza deve essere disponibile.

Autonomia
L'autonomia minima prevista per l'illuminazione di sicurezza per l'esodo e l'antipanico è di 60 min, UNI EN 1838, art. 4.2.5 e art. 4.3.5, fatte salve eventuali disposizioni particolari.
Nelle attività ad alto rischio l'autonomia dell'illuminazione di sicurezza varia da un applicazione all'altra: l'illuminazione deve permanere fino all'eliminazione del pericolo per le persone, UNI EN 1838, art.4.4.5.

Tempo di ricarica
Alcune disposizioni di prevenzione incendi e/o normative stabiliscono non solo il tempo per cui deve durare l'illuminazione di sicurezza, ma anche il tempo entro il quale il dispositivo di ricarica degli accumulatori deve assicurare la ricarica completa.
Ad esempio, il tempo di ricarica completa entro 12 h è richiesto per:
- edifici scolastici, DM 26/8/92, All. art.7.1;
- attività turistico -alberghiere, DM 9/4/94, All.art.9;
- impianti sportivi, DM 18/3/96, art.17;
- locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo, DM 19/8/96, All. art. 13.2;
- strutture sanitarie, DM 18/9/02, All.art.6;
- uffici, DM 22/2/06, All. art.9.

Tenuto conto delle finalità della prescrizione e che il fenomeno di ricarica è asintotico nel tempo, per il tempo di carica completa si intende il tempo per cui l'energia accumulata è sufficiente a fornire l'autonomia di funzionamento richiesta , CEI 64-8, art. 752.56.1.
In proposito, va rilevato che la norma EN 60598-2-22 (CEI 34-22), art. 22.19.1, prevede per gli apparecchi di emergenza autonomi un caricabatteria che assicuri la ricarica delle batterie in 24h.

13.4 Controlli e manutenzioni dell'impianto di illuminazione di emergenza

Le verifiche iniziali e periodiche, la manutenzione e la revisione degli impianti di illuminazione e segnalazione di sicurezza sono oggetto della norma UNI 11222 e del Sez. 7 della norma EN 50172 (CEI 34-111).

13.4.1 Verifiche iniziali

La verifica iniziale di un impianto di illuminazione di sicurezza rientra in quella più ampia dell'impianto elettrico, che l'installatore è tenuto ad effettuare prima della messa in servizio dell'impianto (CEI 64-8, art. 61.1.1).
Le verifiche iniziali di un impianto di illuminazione di sicurezza riguardano principalmente:

- corretta installazione e montaggio dei componenti dell'impianto ed assenza di segni di alterazione, degrado, rottura;
- presenza degli apparecchi di emergenza nella posizione prevista dal progetto;
- intervento di tutti gli apparecchi, al mancare dell'alimentazione ordinaria;
- integrità e visibilità dei segnali di sicurezza in relazione alla distanza;
- assenza di oggetti o altri materiali che possano compromettere l'efficacia dell'illuminazione di sicurezza (ad esempio arredi che impediscono la corretta illuminazione di attrezzature antincendio);
- effettiva ricarica degli apparecchi in presenza dell'alimentazione ordinaria (ad es. tramite il LED che indica il funzionamento dell'apparecchio);
- corretto funzionamento della sorgente centralizzata;
- autonomia della sorgente o degli apparecchi autonomi dopo il tempo di ricarica previsto dalle disposizioni legislative, regolamentari e normative vigenti.

La verifica comporta anche la misura dell'illuminamento, per accertare la rispondenza alle prescrizioni delle disposizioni legislative, regolamentari e normative applicabili nonché ai calcoli di progetto dell'illuminazione di sicurezza.

13.4.2 Verifiche periodiche

Le verifiche periodiche sono finalizzate a controllare lo stato dell'illuminazione di sicurezza individuandone le eventuali anomalie e/o guasti. Tali verifiche devono basarsi sulle istruzioni fornite dal costruttore dei componenti dell'impianto e sul manuale di manutenzione redatto dal progettista e/o installatore dell'impianto stesso, se presente.
La norma UNI 11222 distingue tre tipologie di verifiche periodiche relative agli impianti di illuminazione di sicurezza:

- verifica di funzionamento;
- verifica dell'autonomia;
- verifica generale.

Verifica di funzionamento

La verifica di funzionamento riguarda gli apparecchi e la sorgente. Per i singoli apparecchi (autonomi o ad alimentazione centralizzata):
a) verifica dell'effettivo intervento di tutti gli apparecchi, al mancare dell'alimentazione ordinaria, e dell'indicazione del successivo ripristino al ritorno della tensione,
b) controllo dell'integrità e pulizia degli apparecchi, con sostituzione delle lampade e componenti non funzionanti o danneggiati,
c) verifica della operatività dell'eventuale sistema di inibizione.

Per la sorgente centralizzata:
d) verifica delle indicazioni fornite dalla sorgente sull'apposito pannello/display,
e) verifica della operatività dell'eventuale sistema di inibizione,
f) verifica delle corrette operazioni del sistema nel funzionamento di emergenza mediante indicazioni/segnalazioni fornite dall'unità di controllo (esterna o integrata nella sorgente).

La norma UNI 11222 richiede una frequenza almeno:
- mensile per le verifiche di cui ai punti a), b), f);
- settimanale per le verifiche di cui ai punti c), d), e).

In verità la frequenza delle verifiche periodiche dell'illuminazione di sicurezza andrebbe commisurata al rischio conseguente al mancato intervento dell'illuminazione di sicurezza.

Verifica dell'autonomia
La verifica dell'autonomia consiste in un esame a vista, con misurazione del tempo di autonomia dell'impianto ad alimentazione centralizzata (gruppo soccorritore) o di ogni singolo apparecchio autonomo.
A tale fine, occorre simulare l'interruzione dell'alimentazione ordinaria, misurare per quanto tempo gli apparecchi di emergenza rimangano accesi e verificare così il rispetto dell'autonomia richiesta per l'ambiente d'installazione.
Se gli apparecchi non garantiscono l'autonomia richiesta, occorre verificare il corretto funzionamento dei caricabatterie e/o sostituire le batterie esauste.
Secondo la norma UNI 11222, è necessario prevedere sistemi di autodiagnosi, i quali consentono la verifica automatica dell'effettiva autonomia, se l'estensione nei locali e/o la dislocazione degli apparecchi non permettono di eseguire tale verifica con un esame a vista.
La norma UNI 11222 richiede che la verifica dell'autonomia sia eseguita con frequenza al più annuale, ma consiglia una periodicità semestrale.

Verifica generale
La verifica generale dell'impianto di illuminazione di sicurezza si riferisce sia all'efficienza degli apparecchi di sicurezza o dell'alimentazione centralizzata, sia al rispetto dei requisiti illuminotecnici di progetto.
A tale scopo, devono essere svolte le seguenti operazioni:

singoli apparecchi (autonomi o ad alimentazione centralizzata):
• verifica del livello d'illuminamento di locali, vie d'esodo, ostacoli, ecc. nel rispetto delle disposizioni legislative, regolamentari e normative applicabili e del progetto;
• verifica dell'integrità e visibilità dei segnali di sicurezza in relazione alla distanza;
• verifica del degrado degli apparecchi e delle lampade (ad es. assenza di annerimenti);
• verifica dell'ubicazione, numero e tipologia degli apparecchi installati, nonché delle loro prestazioni illuminotecniche , in conformità con il progetto originale e della documentazione relativa alle successive modifiche;

sorgente centralizzata:

• verifica del funzionamento dell'eventuale comando di interruzione/arresto d'emergenza,
• verifica della tensione d'uscita in emerganza e del suo valore di carico;
• verifica del sistema di inibizione, se presente;
• verifica delle protezioni contro le sovracorrenti nel funzionamento in emergenza.
• verifica della selettività delle protezioni, se necessaria.

Per suddette verifiche la norma UNI 11222 richiede una frequenza al più annuale, ma consiglia una periodicità semestrale.
Tutte le verifiche svolte devono essere riportate nel registro dei controlli.

13.4.3 Manutenzione

Per manutenzione si intende l'insieme di operazioni finalizzate a mantenere nel tempo la funzionalità dell'impianto e a superare gli eventuali guasti che si presentano all'improvviso.
I principali interventi di manutenzione preventiva (periodica) di un impianto di illuminazione di sicurezza consistono in:
• esame generale dell'intero impianto di sicurezza per la verifica dello stato di tutti i componenti;
• pulizia degli schermi degli apparecchi e dei segnali di sicurezza;
• serraggio di morsettiere e connessioni, di sistemi di sospensione o aggancio, ecc;
• sostituzione di componenti, quali lampade, batterie, ecc. prima del termine della loro vita operativa;

• pulizia delle batterie, delle griglie e delle ventole per il raffreddamento ed ingrassaggio dei morsetti della sorgente centralizzata, se presente.
La manutenzione correttiva (a guasto) comporta invece interventi che consentono di ripristinare il corretto funzionamento dell'impianto, quali:
• sostituzione di componenti guasti o non funzionanti correttamente;
• sostituzione di fusibili intervenuti a seguito di una sovracorrente;
• rimozione di oggetti, arredi, ecc. che possano compromettere l'efficacia dell'illuminazione di sicurezza;

La norma UNI 11222 consiglia una frequenza semestrale per la manutenzione preventiva.
Gli interventi di manutenzione (preventiva e correttiva) devono essere riportati sul registro dei controlli periodici.

13.4.4 Revisione e collaudo

La norma UNI 11222 prevede che , dopo un certo periodo di esercizio, l'impianto di illuminazione di sicurezza sia oggetto di una revisione, finalizzata a verificare e rendere perfettamente efficienti i componenti dell'impianto stesso.
La suddetta revisione comporta l'esecuzione dei seguenti accertamenti e interventi:
• esame generale dell'intero impianto, con verifica dello stato dei componenti quali cavi, interruttori, sezionatori, ecc.;
• sostituzione degli schermi (in materiale plastico) degli apparecchi ;
• sostituzione delle lampade ;
• sostituzione delle batterie degli apparecchi autonomi;
• sostituzione di parti soggette ad usura della sorgente centralizzata (filtro ventilazione, ecc.)
• aggiornamento hardware e/o software delle schede di controllo, dei circuiti elettronici ecc.

I ricambi utilizzati non devono ovviamente alterare la corretta funzionalità dell'impianto e le prestazioni dei suoi componenti.
La norma UNI 11222 prevede la revisione dell'impianto ogni due anni, ma ammette una periodicità di quattro anni per gli interventi relativi agli apparecchi di illuminazione, salvo quelli di tipo permanente (sempre accesi). Occorre inoltre tenere conto delle indicazioni fornite dai costruttori dei vari componenti dell'impianto.
Gli interventi di revisione devono essere annotati sul registro dei controlli.
Quando a seguito di operazioni di manutenzione periodica , deve essere verificata l'efficacia di intervento di una parte dell'impianto di sicurezza, occorre sottoporre tale parte ad un ciclo di ricarica di 48 h e quindi ad una fase di scarica controllata per verificare il rispetto dei dati nominali di prodotto (autonomia di prodotto).
La norma UNI 11222 definisce tale operazione (impropriamente) “collaudo”.

13.4.5 Registro dei controlli

Secondo la norma UNI 11222, ogni impianto di illuminazione di sicurezza deve essere accompagnato da un registro dei controlli e della manutenzione, il quale può essere in comune anche ad altri impianti di sicurezza, ad esempio l'impianto di rivelazioni ed allarme incendio.
Tale registro va affidato al responsabile dell'impianto e deve essere a disposizione degli organismi ispettivi; nella sua redazione occorre tenere conto anche di eventuali disposizioni legislative, regolamentari o normative applicabili.
Il registro, che deve essere strutturato in modo tale da poter essere utilizzato per più anni, deve riportare le seguenti informazioni:
• data di messa in servizio dell'impianto di illuminazione di sicurezza ,
• data, breve descrizione e documentazione relativa alle eventuali modifiche successive dell'impianto;
• data di ciascuna verifica periodica o altro intervento effettuato;
• ragione sociale, indirizzo completo e altri estremi di identificazione, firma leggibile del verificatore/manutentore intervenuto;

• numero di matricola o altri estremi di identificazione dei componenti ed apparecchi di sicurezza oggetto di verifica o manutenzione;
• breve descrizione di ogni manutenzione, ispezione o prova effettuata, con indicazione delle anomalie riscontrate e delle conseguenti azioni effettuate.

Nel registro vanno inoltre riportati :
• le caratteristiche dei principali componenti dell'impianto che sono regolarmente sostituiti, quali lampade, batterie, fusibili, ecc.;
• caratteristiche principali e modo di funzionamento del dispositivo automatico di prova, se previsto.

Il registro dei controlli suggerito dalla norma UNI 11222 segue la regola generale secondo la quale ogni intervento di modifica, manutenzione e/o controllo deve essere, per quanto possibile, registrato.
Ciò facilita la regolare manutenzione dell'impianto di illuminazione di sicurezza e permette al datore di lavoro di dimostrare la propria diligenza e prudenza, in caso di un infortunio dovuto ad una inefficienza dell'illuminazione di sicurezza.
La tenuta dello stesso registro non costituisce di per sé un obbligo giuridico, a meno che non sia richiesto nel caso specifico da una disposizione legislativa o regolamentare, come ad esempio il DM 19/8/96 per i luoghi di pubblico spettacolo e intrattenimento.
Infatti, le norme UNI e CEI non introducono obblighi giuridici.
In altre parole, l'assenza del registro non costituisce di per sé un reato, ma è solo un indice di una eventuale mancanza di regolare manutenzione. E solo quest'ultima mancanza configura un reato nei luoghi di lavoro.

14 RIFASAMENTO E ARMONICHE DI CORRENTE

14.1Rifasamento

Rifasare un impianto significa ottimizzarne l'assorbimento di corrente, limitandola alla porzione che effettivamente viene trasformata in lavoro.

Il rifasamento comporta, infatti, una riduzione del cos• , vale a dire del fattore di potenza carico.

14.1.1Fattore di potenza

Il fattore di potenza esprime l'entità della porzione di potenza trasmessa o trasformata che può essere convertita in lavoro.
Nella sua globalità la potenza elettrica, espressa in kVA, viene detta apparente (S). Essa comprende una parte di potenza attiva (P), espressa in kW, che è quella atta a compiere un lavoro, più una parte di potenza reattiva (Q) espressa in kvar; il tutto secondo la relazione:

$$S = \bullet P^2 + Q^2$$

Come fattore di potenza s'intende perciò il coseno dell'angolo • . Esso risulta uguale a 1 (suo massimo) quando l'angolo è uguale a zero. In questo caso anche la potenza reattiva è uguale a zero.
L'angolo • equivale anche allo sfasamento in ritardo che il vettore corrente subisce rispetto al vettore tensione quando il carico è induttivo (motore, trasformatore bobina ecc.).
Rifasare significa perciò ridurre l'angolo • , per fare in modo che la potenza trasmessa sia prevalentemente quella attiva e la corrente messa in circolazione attraverso i cavi e le apparecchiature di comando sia la minima necessaria all'utilizzatore, per esempio ad un motore, per svolgere il lavoro richiesto.
La formula:

$$I = P \bullet 3\ U \cos\bullet$$

Pone in evidenza come, nei sistemi trifasi (ma anche in quelli monofasi, nei quali non compare la radice di tre), a parità di tensione U, il valore della corrente I assorbita da un carico di potenza P dipenda essenzialmente dal cos• del carico.
Nella pratica impiantistica il rifasamento si attua collegando dei condensatori in parallelo agli utilizzatori con potenza reattiva induttiva (Q_i); introducendo cioè dei carichi caratterizzati prevalentemente da una potenza reattiva capacitiva (Q_c), il cui vettore è diametralmente opposto a quello della potenza induttiva e pertanto agisce nel senso voluto di ridurre l'angolo • e aumentare il fattore di potenza complessivo dell'impianto.
In altri termini, l'ente fornitore di energia non consente che il carico complessivo dell'utenza risulti capacitivo, neanche saltuariamente e per brevi periodi. Ciò significa che il valore della potenza reattiva capacitiva deve adattarsi in tempo reale a quello della potenza reattiva induttiva effettivamente assorbita dai carichi.
Sempre a livello contrattuale, gli utenti a tariffe multi orarie devono essere in grado di compensare l'energia reattiva separatamente nelle fasce orarie di maggior assorbimento (ore di alto carico e ore di medio carico estive), in modo tale che il cos• medio non scenda al di sotto del valore minimo contrattuale (0,9).
Cos• = 0,9 equivale a tg • = 0,5. Ciò significa che, essendo:

$$Q = P * \mathrm{tg} \bullet$$

<u>L'utente inizia a pagare l'energia reattiva allorché questa risulta essere (come da misurazione svolta in ognuna delle fasce orarie prima citate) superiore al 50% di quella attiva</u>. E la tariffa al kvarh risulta essere ulteriormente incrementata quando l'energia reattiva risulta in eccedenza numerica rispetto al 75% del corrispondente periodo di energia attiva.

14.1.2Benefici del rifasamento

Oltre a garantire il contenimento dell'energia reattivo entro i limiti contrattuali, il rifasamento consente altri risparmi in ordine al dimensionamento degli impianti.
A parità di potenza attiva trasmessa, la diminuzione della corrente consente di:

- limitare la potenza nominale apparente dei trasformatori;
- ridurre la sezione dei conduttori e la portate delle apparecchiature di manovra e protezione;
- contenere la caduta di tensione nell'ambito dell'impianto.

Per evitare che al mancare dei carichi o di una parte di essi la compensazione ponga l'impianto nello stato di utenza capacitiva, indesiderabile non solo perché vietato dall'ente fornitore di energia, ma anche per le sovratensioni e le correnti armoniche che potrebbe produrre, è necessario che la batteria dei condensatori sia regolabile a gradini, con uno strumento adibito all'inserzione e disinserzione progressiva delle capacità in base alla corrente rilevata a valle dell'interruttore di protezione del trasformatore (*rifasamento automatico*). Quest'ultimo, quando si trova a funzionare a vuoto, con interruttore di protezione aperto, si presenta alla rete MT a monte come carico fortemente induttivo. A questo livello il rifasamento può essere realizzato con una batteria fissa di condensatori collegata fra i morsetti d'uscita BT della macchina e quelli d'ingresso dell'interruttore generale di protezione *(rifasamento fisso trafo)*.

	Corrispettivi fasce F1 e F2		**Corrispettivo fascia F3**	
Tipologia contrattuale	Energia reattiva compresa tra il 50% e il 75% dell'energia attiva	Energia reattiva eccedente il 75% dell'energia attiva	Energia reattiva compresa tra il 50% e il 75% dell'energia attiva	Energia reattiva eccedente il 75% dell'energia attiva
	c€/kvarh	**c€/kvarh**	**c€/kvarh**	**c€/kvarh**
Altre utenza in bassa tensione B1 – BT fino a 16,5 kW con potenza disponibile superiore a 6 kW B2 – BT oltre 16,5 kW B3 – BT inferiori all'anno B4 – BT inferiore all'anno con potenza disponibile superiore a 6 kW SB1 – Potenza variabile BT	3,2382	4.2117	0.0100	0.0100
Utenza in Bassa Tensione di illuminazione pubblica B4 – illuminazione pubblica in BT con potenza disponibile superiore a 6 kW	3.2382	4.2117	0.0100	0.0100
Altre utenze in Media Tensione M1 bis – MT fino a 500 kW M2 – MT oltre 500 kW SM1 bis – Potenza variabile MT	1.5184	1.8954	0.0100	0.0100
Utenze in Media Tensione di illuminazione pubblica M4 bis – illuminazione pubblica	1.5184	1.8954	0.0100	0.0100
Altre utenze in Alta Tensione A1 – AT base	0.8676	1.1026	0.0100	0.0100

Corrispettivi per prelievi di energia reattiva per forniture dotate di misuratore atto a rilevare i consumi relativi alle fasce orarie F1, F2 eF3

F1: ore di punta (peak)
Nei giorni dal lunedì al venerdì: **dalle ore 8.00 alle ore 19.00**

F2 : ore intermedie (mid-level)
Nei giorni dal lunedì al venerdì:**dalle ore 7.00 alle ore 8.00 e dalle ore 19.00 alle ore 23.00**
Nei giorni di sabato:**dalle ore 7.00 alle ore 23.00**

F3 : ore fuori punta (off-peak)
Nei giorni dal lunedì al venerdì:**dalle ore 23.00 alle ore 7.00**
nei giorni di domenica e festivi*:**Tutte le ore della giornata**

*Si considerano festivi: 1 gennaio; 6 gennaio; lunedì di Pasqua; 25 Aprile; 1 maggio; 2 giugno; 15 agosto; 1 novembre; 8 dicembre; 25 dicembre; 26 dicembre.

Fasce orarie con decorrenza 1 gennaio 2007

14.2 Armoniche di corrente

La presenza sugli impianti di convertitori statici per il comando e il controllo di motori ha come conseguenza la circolazione in rete di armoniche di corrente.

L'onda della corrente assorbita da un motore alimentato mediante un convertitore non ha una forma sinusoidale, ma pur sempre periodica alternata, con ampiezza e frequenza equivalenti a quelle della sinusoidale. La forma, insomma, risulta distorta rispetto a quella sinusoidale. Più o meno distorta, in base alla tecnologia costruttiva impiegata per la realizzazione del convertitore.

La corrente assorbita dal convertitore risulta essere una sommatoria di più concorrenti sinusoidali, una delle quali viene detta fondamentale e le altre, di frequenza multipla rispetto alla prima, vengono dette armoniche.

La normativa di riferimento è rappresentata principalmente dalla Norma CEI EN 61642 (Classificazione CEI 33-19) "*Reti industriali in corrente alternata affette da armoniche. Applicazione di filtri e di condensatori statici di rifasamento".*

14.2.1Effetti dovuti alla presenza di armoniche

In termini complessivi, le armoniche di corrente sono i grado di ridurre il rendimento di un sistema elettrico, di danneggiare gli isolanti (sulle linee e sulle utenze) e di creare anomalie di funzionamento su diversi componenti.
Più nello specifico, i possibili effetti negativi prodotti dalle armoniche sulle singole apparecchiature sono sintetizzate nella tabella di seguito allegata.
Le stesse schede elettroniche di controllo del convertitore responsabile della formazione di armoniche potrebbero venire danneggiate se prive degli idonei dispositivi di protezione.
Sulle reti, i fenomeni di sovratensione prodotti dalle armoniche – distorsioni della sinusoide di tensione causate da quelle presenti sulla sinusoidale di corrente – sono tanto più temibili quanto più basse risultano le tensioni di cortocircuito.
La penetrabilità del disturbo è tale per cui un utente in media tensione può subire parte degli effetti prodotti dalle armoniche dovute agli azionamenti di un altro utente alimentato dalla medesima linea MT.

Parti di impianto	Effetti imputabili alle armoniche
Fusibili	Riscaldamento non omogeneo dell'elemento fusibile interno e conseguente surriscaldamento che può anche portare all'esplosione della cartuccia con tenitrice.
Contattori di potenza	Riduzione della durata elettrica delle pastiglie di contatto.
Cavi	Aumento dell'effetto"pelle", per cui in un cavo composto da più fili quelli interni presentano un'impedenza maggiore di quelli esterni. Di conseguenza la corrente, tendendo a distribuirsi maggiormente lungo la fascia esterna del conduttore, produce: - un surriscaldamento del conduttore; - un invecchiamento precoce dell'isolamento che lo avvolge; - una maggiore caduta di tensione in linea;
Trasformatori	Aumento delle perdite nel rame dovuto, sia ad un incremento del valore efficace di corrente che transita negli avvolgimenti, sia all'effetto pelle che si manifesta sui fili smaltati. Aumento delle perdite nel ferro per via della distorsione del ciclo di isteresi e della formazione di correnti parassite nel pacco magnetico. Riscaldamento degli isolanti in seguito all'eventuale componente continua in grado di saturare le colonne del pacco magnetico.
Motori	Incremento delle perdite, con surriscaldamento degli avvolgimenti e possibili danni agli isolanti. Formazione di coppie elettromeccaniche spurie, in grado di aumentare la velocità del motore.
Dispositivi differenziali	Possibile saturazione del toroide di rilevazione delle correnti e conseguenti malfunzionamenti, sia in termini di interventi intempestivi, sia di incremento della soglia di intervento.
Contatori di energia a disco	Aumento della velocità di rotazione del disco e conseguente errore di misura (specialmente nei casi in cui il toroide di potenza del carico è basso).
Gruppi statici di continuità	Riduzione della massima potenza erogabile dal gruppo.
Apparecchiature elettroniche	Guasti alle schede interne non protette da idonei dispositivi.
Condensatori di rifasamento	Incremento della "risonanza parallelo" che si manifesta in un circuito per la presenza di carichi induttivi e di condensatori di rifasamento, allorché una delle armoniche prodotte ha la medesima frequenza che contraddistingue il fenomeno risonante. Gli effetti di un simile evento possono essere disastrosi, con esplosione dei condensatori di rifasamento coinvolti,.

Tabella – *Sintesi degli effetti negativi che le armoniche di corrente sono in grado di produrre sulle apparecchiature e sui dispositivi presenti sulla rete elettrica.*

14.2.2Misure protettive

La protezione nei confronti delle armoniche si può ottenere agendo su due fronti:

- installando filtri che riducano il contenuto di armoniche in rete;
- installando reattanze di blocco che impediscano alle armoniche di partecipare ai fenomeni di risonanza.

Nel primo caso il beneficio è generale, per tutti i componenti esposti agli effetti negativi prodotti dalle armoniche di corrente.
Nel secondo caso, a trarne un beneficio sono soprattutto le batterie di rifasamento a condensatori.

14.2.3Filtri

La forma più moderna, anche se molto costosa, di filtri antiarmoniche è rappresentata dai filtri attivi.
Si tratta di apparecchiature elettroniche basate sulla tecnologia degli amplificatori di potenza, detta PW (Power Width Modulation).
Esse immettono in continuazione sulla rete armoniche di uguale intensità ma in opposizione di fase rispetto a quelle che s'intendono abbattere.
Una forma decisamente meno costosa di soluzione contro le armoniche è rappresentata dai filtri passivi.
Si tratta di semplici rami LC da porre in parallelo ai carichi responsabili dell'immissione di armoniche in rete.
Il dispositivo è semplice, ma molto meno lo è l'analisi preventiva delle condizioni di funzionamento dell'impianto e dello spettro armonico presente sulla rete, con l'individuazione delle armoniche più pericolose.
Lo scopo è quello di dimensionare il filtro LC in modo che le sue frequenze di risonanza coincidano con quelle delle armoniche da eliminare, senza però che da ciò possano derivare fenomeni di risonanza parallelo tra il filtro e alcune delle utenze alimentate dall'impianto.

14.2.4Reattanze da blocco

Le reattanze da blocco, altrimenti chiamate di disaccoppiamento, devono essere inserite in serie alle batterie di rifasamento. Esse vanno dimensionate in modo che la struttura LC complessiva assuma una condizione di risonanza serie per cui:
al di sopra della frequenza di rete, 50Hz, il gruppo LC equivale a una induttanza, che impedisce qualsiasi condizione di risonanza tra i condensatori e i carichi induttivi alimentati dalla stessa linea;
alla frequenza di 50Hz il gruppo LC equivale ad una capacità, consentendo alla batteria di svolgere la funzione di rifasamento per la quale è stata installata.
La frequenza per cui il filtro si comporta da induttanza dev'essere ovviamente inferiore a quella della prima armonica di corrente significativa presente sull'impianto. Anche in questo caso si rende pertanto necessaria un'analisi preventiva delle armoniche presenti in rete.
Le reattanze di blocco rischiano di essere inefficaci se in rete è presente anche una distorsione della sinusoidale di tensione, in grado di saturare anche le reattanze di disaccoppiamento.
In questi casi l'uso di reattanze in serie ai condensatori potrebbe essere addirittura pericoloso, potendo divenire causa di esplosione dei condensatori o di incendio delle reattanze per via delle sovracorrenti prodotte dalle elevate correnti di risonanza.
La soluzione allora consiste nell'installare filtri antiarmoniche, dei tipi visti in precedenza, o nel ricorso a reattanze speciali.

15 NORME DI RIFERIMENTO

Tutti gli impianti, i materiali e le apparecchiature devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle Leggi n°186 del 1/3/68, e dal D.M. N° 37 del 22 Gennaio 2008.

Le caratteristiche degli impianti e dei loro componenti, devono essere conformi:

- alle Leggi ed ai Regolamenti vigenti alla data del contratto;
- alle Norme CEI ed UNI vigenti alla data del contratto;
- alle prescrizioni dei VV.FF. e delle Autorità Locali;
- alle prescrizioni ed alle indicazioni dell'azienda distributrice dell'energia elettrica, per quanto di loro competenza nei punti di consegna;
- alle prescrizioni ed indicazioni della azienda di telefonia locale.

Le principali Leggi e Regolamenti ai quali occorre attenersi nella realizzazione degli impianti sono:

-*Legge 186 del 01/03/68*: "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici".

-*Legge 791 del 18/10/77:* "Attuazione della direttiva del consiglio della comunità europee (73/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione", così come integrata e modificata dal Dlgs 626 del 25 Novembre 1996 e successive modifiche.

-*DL 626 del 25/11/96:* "Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione", così come modificato dal *DL 277 del 31/07/97:*

-*DPR 462 del 22/10/01:* "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.".

-*Legge 36 del 22/02/01:* "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" e successive modifiche.

-*Legge 239 del 23/08/04:* "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e successive modifiche.

-*DM 37 del 22/01/08:* "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", così come modificato dal *DL 112 del 25/06/08* e dal *Decreto del 19/05/10.*

-*Dlgs 81 del 09/04/08 (Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro)*: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e successive modifiche introdotte da

- Legge n° 129 del 2 Agosto 2008
- Legge n° 88 del 7 Luglio 2008
- Dlgs n° 106 del 3 Agosto 2009
- Legge n° 25 del 26 Febbraio 2010

-*DPR 1/8/11 n°151* "Semplificazione procedimenti di prevenzione incendi"

-*Decreto 10/03/08* : "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro" e successive modifiche.

Per quanto concerne le Norme CEI ed UNI, devono essere ottemperate le disposizioni contenute nelle seguenti Norme:

IMPIANTI ELETTRICI AD ALTA TENSIONE E DI DISTRIBUZIONE PUBBLICA DI BASSA TENSIONE

-*CEI 11-15 (set'-11):* " Esecuzione dei lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata".

-*CEI 11-17 3ªed. (lug-06) e V1 (ott-11):* "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo".

-*CEI 11-20 4ªed. (ago-00 e V1 (ago-04 e V2 (ago-07) e V3 (set-10):* "Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I° e II° categoria".

-*CEI 11-25 2ªed. (dic-01) e EC1 (apr-07):* "Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifase a corrente alternata. Parte 0. Calcolo delle correnti"

-*CEI EN 60865-1 (CEI 11-26) 2ªed. (apr-98) ed Ec (mag-02) :* "Correnti di corto circuito. Calcolo degli effetti.Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo".

-*CEI 11-28 1ªed. (apr-98):* "Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione".

-*CEI 11-35 2ªed. (dic-04):* "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale".

- *CEI 11-37 2ªed. (lug-03) e EC1 (mar-04):* "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV".

TRASFORMATORI

-*CEI 14-4/8 1ª ed. (nov-01). " Trasformatori di potenza. Guida di applicazione "*

-*CEI 14-4/3(EN 60076-3) 3ª ed. (mag-02)* "Trasformatori di potenza Parte 3: Livelli di isolamento, prove dielettriche e distanze isolanti in aria."

-*CEI 14-4/5 (EN 60076-5) 4ª ed. (mar-07)* "Trasformatori di potenza Parte 5: Capacità di tenuta al cortocircuito"

-*CEI 14-15 3ªed. (nov-06)* "Trasformatori di potenza Parte 7: Guida di carico per trasformatori immersi in olio"

-*CEI 14-4/10 (EN 60076)-10 1ªed. (gen-02).* "Trasformatore di potenza Parte 10: Determinazione dei livelli di rumore."

-*CEI 14-32 (EN 60076-11) 1ªed. (feb-06)* "Trasformatori di potenza Parte 11: Trasformatori di tipo a secco."

GROSSE APPARECCHIATURE

-*CEI 17-5 (EN60947-2) 8ªed. (lug-07).* "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici."

-*CEI 60439-1 4ªed. (nov-00) e V1 (mar-05).* "Apparecchiature assiepate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) .Parte 1:Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)."

-*CEI 60439-2 2ªed. (nov-00)* "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione) Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre."

APPARECCHIATURE A BASSA TENSIONE

-*CEI 17-11(EN-60947-3) (nov-10):* "Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili"

-*CEI 17-113 (feb-12):* "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali"

-*CEI 23-3/1 (EN-60898-1) 1ªed. (apr-04), V1(mar-06) :* "Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata"

-*CEI 23-3/1 (EN-60898-2) 1ªed. (mar-07):* "Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua"

-*CEI 23-51 2ªed. (feb-04):* "Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare"

LAMPADE E RELATIVE APPARECCHIATURE

-*CEI 60598-1 9ªed. (ago-09)* "Apparecchi di illuminazione. Parte 1: Prescrizioni generali e prove."

APPARECCHI UTILIZZATORI ELETTRICI PER USO DOMESTICO E SIMILARE

-*CEI 60335-1 2ªed. (apr-98):* "Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare – Sicurezza Parte 1: Norme generali."

IMPIANTI ELETTRICI UTILIZZATORI DI BASSA TENSIONE

-*CEI 64-2 4ªed. (mar-01):* "Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione.Prescrizioni specifiche per la presenza di polveri infiammabili e sostanze esplosive."

-*CEI 64.7 (dic-10):* "Impianti elettrici di illuminazione pubblica."

-*CEI 64.8 6ªed. (nov-07) e V1 (sett-08) e V2 (mag-09) e V3 (feb-11):* "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali. Parte 2: Definizioni. Parte 3: Caratteristiche generali. Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza. Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici. Parte 6: Verifiche. Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari."

INVOLUCRI DI PROTEZIONE

CEI 60529 2ªed. (giu-07) e V1 (giu-00): "Gradi di protezione degli involucri(Codice IP)."

SISTEMI DI RILEVAMENTO E SEGNALAZIONE PER INCENDIO, INTRUSIONE, FURTO, SABOTAGGIO E AGGRESSIONE

-*CEI 79-2 2ªed. (feb-98) e AB(nov-00) e V1 (giu-10):* "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione.Norme particolari per le apparecchiature."

-*CEI 79-3 2ªed. (feb-98):* "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione. Norme particolari per gli impianti antieffrazione e antintrusione."

-*UNI 9795 (Ed. 2010):* "*Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio - Sistemi dotati di rivelatori puntiformi di fumo e calore, rivelatori ottici lineari di fumo e punti di segnalazione manuali"*

-*UNI 11224 (Ed. 2011):* "Controllo iniziale e manutenzione dei sistemi di rivelazione incendi"

SISTEMI ED APPARECCHIATURE AUDIO, VIDEO E MULTIMEDIALI

-*CEI 100-7 3ªed. (feb-05), EC1 (nov-05), Appendice A (mag-06):* "Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva."

16 VERIFICHE IMPIANTI ELETTRICI BASSA TENSIONE

16.1Prescrizioni della Norma CEI 64-8

16.1.1Verifiche iniziali

Ogni impianto elettrico deve essere verificato durante l'installazione, per quanto praticamente possibile, e al suo completamento, prima di essere messo in servizio dall'utente.

Devono essere disponibili, per le persone che effettuano le verifiche iniziali, tutte le informazioni necessarie relative all'impianto da verificare, ed in particolare gli schemi, i diagrammi o le tabelle conformi alla Norma EN 61346-1 e alla serie di Norme EN 61082, che indicano:
•il tipo e la composizione dei circuiti (punti di utilizzo serviti, numero e dimensione dei conduttori, tipo di canalizzazione);
•le caratteristiche necessarie per l'identificazione dei dispositivi che svolgono le funzioni di protezione, isolamento e commutazione e loro disposizione.
(Per gli impianti non soggetti ad obblighi di progettazione, le precedenti informazioni possono essere fornite sottoforma di elenco dei relativi componenti elettrici).

Si raccomanda che gli schemi e i documenti comprendano le seguenti informazioni dettagliate:
• tipo e sezione dei conduttori;
• lunghezza dei circuiti;
• natura e tipo di dispositivi di protezione;
• corrente nominale o regolazione dei dispositivi di protezione;
• correnti di cortocircuito presunte e potere di interruzione dei dispositivi di protezione.

La verifica iniziale deve comprendere l'esame dei risultati e dei relativi criteri adottati per confermare che sono state soddisfatte le prescrizioni della Norma CEI 64-8.
Durante la verifica si devono prendere precauzioni per garantire la sicurezza delle persone e degli animali e per evitare danni ai beni ed ai componenti elettrici installati anche quando il circuito è difettoso.
Nel caso di ampliamenti o di modifiche di impianti esistenti, si deve verificare che tali ampliamenti o modifiche siano in accordo con la Norma CEI 64-8 e che non compromettano la sicurezza delle parti non modificate dell'impianto esistente.
Si raccomanda che per i componenti elettrici riutilizzati siano disponibili, all'atto della verifica, documenti contenenti informazioni riguardanti almeno il costruttore ed i risultati dell'esame a vista e delle prove eseguite.
La verifica deve essere effettuata da persona esperta, competente in lavori di verifica.

16.1.1.1Esame a vista

L'esame a vista deve precedere la prova e deve essere effettuato, di regola, con l'intero impianto fuori tensione.
L'esame a vista deve accertare che i componenti elettrici che sono parte dell'impianto fisso siano:
• Conformi alle prescrizioni di sicurezza delle relative Norme (questo può essere accertato mediante l'esame di marcature, di certificazioni o di informazioni del costruttore).
• Scelti correttamente e messi in opera in accordo con le prescrizioni della Norma CEI 64-8 e con le istruzioni del costruttore;
• Non danneggiati visibilmente in modo tale da compromettere la sicurezza.

L'esame a vista deve riguardare le seguenti condizioni, per quanto applicabili:
a)metodi di protezione contro i contatti diretti ed indiretti;

b)presenza di barriere tagliafiamma o altre precauzioni contro la propagazione del fuoco e metodi di protezione contro gli effetti termici;
c)scelta dei conduttori per quanto concerne la loro portata e la caduta di tensione;
d)scelta e taratura dei dispositivi di protezione e di segnalazione;
e)presenza e corretta messa in opera dei dispositivi di sezionamento o di comando;
f)scelta dei componenti elettrici e delle misure di protezione idonei con riferimento alle influenze esterne;
g)corretta identificazione dei conduttori di neutro e di protezione;
h)dispositivi di comando unipolari connessi ai conduttori di fase;
i)presenza di schemi , cartelli monitori e di informazione analoghe;
j)identificazione dei circuiti, dei fusibili, degli interruttori, dei morsetti ecc.;
k)idoneità delle connessioni dei conduttori;
l)presenza ed adeguatezza dei conduttori di protezione, compresi i conduttori per il collegamento equipotenziale principale e supplementare;
m)agevole accessibilità dell'impianto per interventi operativi e di manutenzione.
L'esame a vista deve comprendere tutte le prescrizioni per gli ambienti e le applicazioni particolari.

*16.1.1.2**Prove***

I metodi di prova prescritti nel presente paragrafo costituiscono metodi di riferimento; è ammesso l'uso di altri metodi di prova, perché essi forniscano risultati altrettanto validi.
Gli strumenti di misura e gli apparecchi di controllo devono essere conformi alle Norme della serie CEI EN 61557. Se si usano altri strumenti di misura od altri apparecchi di controllo, essi devono avere caratteristiche e grado di protezione inferiori.
Devono essere eseguite, per quanto applicabili, e preferibilmente nell'ordine indicato, le seguenti prove:
a)continuità dei conduttori;
b)resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;
c)protezione mediante sistemi SELV e PELV o mediante separazione elettrica;
d)resistenza dei pavimenti e delle pareti;
e)protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
f)protezione addizionale;
g)prova di polarità;
h)prova dell'ordine delle fasi;
i)prove di funzionamento;
j)caduta di tensione;
Nel caso in cui qualche prova indichi la presenza di un difetto, tale prova e ogni altra prova precedente che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato devono essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso.
Quando la prova è effettuata in un'atmosfera potenzialmente esplosiva sono necessarie precauzioni di sicurezza particolari in accordo con le Norme CEI EN 60079-17 e CEI EN 61241-17.

16.1.1.2.1 Continuità dei conduttori

Deve essere eseguita una prova di continuità dei conduttori di protezione, compresi i conduttori per il collegamento equipotenziale principale e supplementare.

16.1.1.2.2 Resistenza d'isolamento dell'impianto elettrico

La resistenza d'isolamento deve essere misurata tra ogni conduttore attivo ed il conduttore di protezione connesso a terra.
Per gli scopi di questa prova i conduttori attivi possono essere collegati assieme.

Tensione nominale del circuito (V)	**Tensione di prova c.c. (V)**	**Resistenza d'isolamento (M•)**
SELV o PELV	250	• 0,5
Fino a 500 V, compreso FELV	500	• 1.0
Oltre 500 V	1000	• 1.0

La resistenza d'isolamento, misurata con i valori della tensione di prova indicati nella tabella sopra riportata è considerata come soddisfacente se ogni circuito, con gli apparecchi utilizzatori disinseriti, ha una resistenza di isolamento non inferiore a quanto indicato nella stessa tabella.
La tabella deve essere applicata per una verifica della resistenza di isolamento fra un conduttore di protezione utilizzato per la misura di protezione mediante collegamento equipotenziale non connesso a terra .
Quando dispositivi di protezione contro le sovratensioni (SPD) od altri componenti dell'impianto sono tali da influenzare la prova, o da essere danneggiati, tali componenti devono essere disinseriti prima di effettuare questa prova di isolamento.
Se non è regolarmente possibile in pratica disinserire tali componenti (per esempio nel caso SPD incorporati in prese a spina) la tensione di prova può essere ridotta sino a 250 V c.a. per il relativo circuito, ma la resistenza di isolamento deve avere almeno il valore di 1M• .
Per questa misura, il conduttore di neutro è scollegato dal conduttore di protezione.
Nei sistemi di TN-C, la misura è eseguita tra i conduttori attivi e il conduttore PEN.
Nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio, deve essere eseguita una misura della resistenza di isolamento tra i conduttori attivi. In pratica, può essere necessario eseguire questa misura durante l'installazione dell'impianto prima della connessione del componente elettrico.
I valori della resistenza di isolamento sono in genere più alti di quelli della tabella sopra riportata. Quando tali valori risaltano evidenti differenze, è necessaria un'ulteriore verifica per capirne le ragioni.

16.1.1.2.3 Protezione mediante SELV, PELV o mediante separazione elettrica

La separazione dei circuiti deve essere verificata in caso di protezione mediante SELV, PELV o per separazione elettrica secondo i criteri seguenti. I valori di resistenza ottenuti devono essere in accordo con la tabella sopra riportata.

Protezione mediante SELV

La separazione della parti attive del sistema SELV da quelle di altri circuiti e dalla terra deve essere verificata mediante una misura della resistenza di isolamento. I valori di resistenza ottenuti devono essere in accordo con la tabella sopra riportata.

Protezione mediante PELV

La separazione della parti attive del sistema PELV da quelle di altri circuiti deve essere verificata mediante una misura della resistenza di isolamento. I valori di resistenza ottenuti devono essere in accordo con la tabella sopra riportata.

Protezione mediante separazione elettrica

La separazione delle parti attive da quelle di altri circuiti e della terra deve essere verificata mediante una misura della resistenza d'isolamento. I valori di resistenza ottenuti devono essere in accordo con la tabella sopra riportata.

Quando sia necessario soddisfare le prescrizioni relative alla protezione contro i contatti indiretti per mezzo di collegamento equipotenziale locale non connesso a terra, si devono eseguire almeno tre misure nello stesso locale, delle quali una a circa 1 m da qualsiasi massa estranea accessibile posta nel locale, e le altre due a distanze maggiori.
La misura della resistenza d'isolamento dei pavimenti e pareti è eseguita con la tensione verso terra alla frequenza nominale.
Queste misure devono essere ripetute per ogni tipo di pavimento e di parete del locale

16.1.1.2.4 Protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione

La verifica dell'efficacia delle misure di protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione viene effettuato nel modo seguante:
a)per i sistemi TN

La rispondenza alle prescrizioni relative a questa tipologia di protezione contro i contatti indiretti deve essere verificata mediante:

1)la misura dell'impedenza dell'anello di guasto;

Questa misura non è in genere necessaria quando l'alimentazione viene interrotta mediante dispositivi di protezione a corrente differenziale.

2)La verifica delle caratteristiche e/o dell'efficacia del dispositivo di protezione associato.

Questa verifica deve essere eseguita:

-Per i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, mediante esame a vista (cioè caratteristiche di intervento per gli interruttori automatici e corrente nominale e tipo per i fusibili);

- Per i dispositivi a corrente differenziale mediante esame a vista e prove.

L'efficienza della interruzione automatica della alimentazione mediante dispositivi di protezione a corrente differenziale deve essere verificata generando una corrente differenziale di valore non superiore a I_{dn} mediante l'uso di adatte apparecchiature di prova senza misurare il tempo di intervento. Quando l'efficienza della misura di protezione sia stata confermata in un punto situato a valle del dispositivo di protezione differenziale, la protezione dell'impianto a valle di questo punto può essere provata confermando la continuità dei conduttori di protezione.

b)per i sistemi TT

La rispondenza alle prescrizioni relative a questa tipologia di protezione contro i contatti indiretti deve essere verificata con:

1)la misura della resistenza R_E del dispersore di terra al quale sono collegate le masse dell'impianto

La misura di R_E può essere sostituita con la misura della resistenza dell'anello di guasto

2)la verifica mediante esame a vista delle caratteristiche e/o dell'efficienza mediante prove del dispositivo differenziale.

L'efficienza della interruzione automatica della alimentazione mediante dispositivi di protezione a corrente differenziale deve essere verificata generando una corrente differenziale di valore non superiore a I_{dn} mediante l'uso di adatte apparecchiature di prova senza misurare il tempo d'intervento.

Quando l'efficienza della misura di protezione sia stata confermata in un punto situato a valle del dispositivo di protezione differenziale, la protezione dell'impianto a valle di questo punto può essere provata confermando la continuità dei conduttori di protezione.

c)Per i sistemi IT

La rispondenza alle prescrizioni relative a questa tipologia di protezione contro i contatti indiretti deve essere verificata mediante calcolo o misura della corrente I_d in caso di primo guasto al conduttore di fase.

La misura viene effettuata solo se il calcolo non è possibile perché non tutti i parametri sono conosciuti. Si devono prendere precauzioni mentre si effettua questa misura per evitare i pericoli dovuti ad un doppio guasto.

Quando, nel caso di un secondo guasto in un altro circuito, si presentano condizioni simili a quelle dei sistemi TT, la verifica è eseguita come per i sistemi TT .

Quando, nel caso di un secondo guasto in un altro circuito, si presentano condizioni simili a quelle dei sistemi TN, la verifica è eseguita come per i sistemi TN.

Durante le misure della resistenza dell'anello di guasto è necessario stabilire un collegamento di impedenza trascurabile tra il punto neutro dell'alimentazione ed il conduttore di protezione preferibilmente all'origine dell'impianto o, dove non è accessibile, nel punto di misura.

16.1.1.2.5Misura della resistenza di terra

La misura della resistenza di terra, quando è prescritta va effettuata con un metodo appropriato.

16.1.1.2.6Misura dell'impedenza dell'anello di guasto

Prima di iniziare la misura dell'impedenza dell'anello di guasto deve essere eseguita una prova di continuità.

Il valore dell'impedenza dell'anello di guasto misurata deve essere in accordo con i requisiti di coordinamento richiesti per i sistemi TN, e per i sistemi IT per garantire la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione.
Quando tali requisiti non sono soddisfatti o in caso di dubbio e dove si applica il collegamento equipotenziale supplementare,l'efficacia di tale collegamento deve essere provata .

16.1.1.2.7Protezione addizionale mediante interruttore differenziale

La verifica dell'efficienza della misura di protezione addizionale mediante interruttore differenziale è soddisfatta mediante esame a vista e prova utilizzando un adatto strumento di misura conforme a CEI EN 6155-6.

16.1.1.2.8Prova di polarità

Quando sia vietato installare dispositivi di interruzione unipolare sul conduttore di neutro, si deve effettuare una prova di polarità per verificare che tali dispositivi siano installati solo sulle fasi.

16.1.1.2.9Verifica delle sequenze delle fasi

In caso di circuiti multipolari, deve essere verificata la sequenza delle fasi se richiesta.

16.1.1.2.10Prove di funzionamento

Le unità costituite da diversi componenti, come le apparecchiature prefabbricate, i motori e i relativi ausiliari, i comandi e i blocchi devono essere sottoposti a una prova per verificare che essi siano montati, regolati ed installati in accordo con le prescrizioni della Norma CEI 64-8.
I dispositivi di protezione devono essere sottoposti a prove di funzionamento se necessario, per verificare se sono stati installati e regolati in modo appropriato.
Questa prova funzionale non sostituisce la prova funzionale del rispettivo costruttore.

16.1.1.2.11Verifica della caduta di tensione

Quando richiesto la caduta di tensione può essere valutata misurando l'impedenza del circuito oppure calcolata in base alla lunghezza dei cavi ed alla corrente di impiego dei circuiti.

16.1.1.3Rapporto per la verifica iniziale

Al termine della verifica iniziale, deve essere preparato un rapporto di prova. Tale documento deve indicare l'oggetto della verifica, insieme con l'esito dell'esame a vista e dei risultati di prova.
Ogni difetto od omissione rilevato durante la verifica deve essere eliminato prima della consegna dell'impianto da parte dell'installatore.
In caso di verifica iniziale o di modifica o di aggiunta a un impianto esistente, il rapporto può contenere le opportune raccomandazioni per le riparazioni e i miglioramenti.
La persona (o le persone) responsabile per la sicurezza, installazione e verifica dell'impianto, deve fornire il rapporto al committente.

16.1.2Verifiche periodiche

Quando richiesta, la verifica periodica di ogni impianto deve essere eseguita in accordo con le prescrizioni contenute nel seguito del presente paragrafo per garantire:

- la sicurezza delle persone e degli animali domestici contro in contatti elettrici e le ustioni, e
- la protezione contro i danni alle cose dall'incendio e dal calore che si produce da guasti nell'impianto, e
- la conferma che l'impianto non è danneggiato o deteriorato in modo da ridurre la sicurezza, e
- l'identificazione dei difetti dell'impianto e lo scostamento dai requisiti di questa norma, che possono dar luogo a pericoli.

L'esame a vista periodico che comprende un esame approfondito dell'impianto, deve essere eseguita senza smontare, o smontare parzialmente l'impianto stesso, come richiesto, integrata dalle opportune prove previste per le verifiche iniziali per campionamento, inclusi almeno:

- la misura delle resistenza di isolamento,
- la prova di continuità dei conduttori di protezione, e
- la verifica che le prescrizioni per la protezione contro i contatti indiretti siano state soddisfatte, e
- la prova funzionale dei dispositivi di protezione differenziale e dei dispositivi di controllo.

Devono essere prese precauzioni per assicurare che la verifica periodica non causi pericolo alle persone e agli animali e non causi danni ai beni e alle apparecchiature anche se il circuito è guasto.

Gli strumenti di misura e i dispositivi di controllo e i metodi devono essere scelti in conformità con le Norme della serie CEI EN 61557. Qualora siano utilizzati altri apparecchi di misura, essi non devono possedere un grado minore di prestazione e sicurezza.

I risultati della verifica periodica di un impianto, o in una sua parte, devono essere registrati.

Ogni danno, deterioramento, difetto o condizione di pericolo devono essere registrati. Inoltre, devono essere registrate significative limitazioni della verifica periodica in accordo con la presente Norma e le loro motivazioni.

La verifica deve essere eseguita da persona esperta, competente nelle verifiche.

16.1.2.1 Frequenza della verifica periodica

La frequenza della verifica periodica di un impianto deve essere determinata considerando il tipo di impianto e componenti, il suo uso e funzionamento, la frequenza e la qualità della manutenzione e le influenze esterne a cui l'impianto è soggetto.
L'intervallo di tempo è stabilito in qualche caso da prescrizioni di carattere legislativo.
Il rapporto periodico dovrebbe raccomandare alle persone incaricate delle verifiche periodiche, l'intervallo per la successiva verifica periodica.
L'intervallo di tempo può essere, per esempio, di alcuni anni (es. 4 anni) con l'eccezione dei seguenti casi per i quali, esistendo un maggiore rischio, possono essere richiesti intervalli di tempo più brevi:

- posti di lavoro e luoghi in cui esistano rischi di degrado, di incendio o di esplosione;
- posti di lavoro o luoghi in cui coesistano impianti di alta e di bassa tensione;
- luoghi ai quali abbia accesso il pubblico;
- cantieri;
- impianti di sicurezza (per esempio illuminazione di sicurezza).

Per gli edifici residenziali possono essere considerati adeguati intervalli di tempo maggiori (es. 10 anni). Quando cambia la proprietà dell'edificio, si raccomanda fortemente una verifica dell'impianto elettrico.
I risultati e le raccomandazioni di precedenti rapporti, se disponibili, devono essere tenuti in considerazione.
Quando non è disponibile nessun precedente rapporto, è necessario un controllo più approfondito.

Negli impianti elettrici estesi (es. in grandi industrie) soggetti ad un adeguato e sicuro regime di sorveglianza, prove e di manutenzione continue degli impianti e dei loro componenti oggetto delle verifiche periodiche, non è necessario eseguire le verifiche periodiche e formalizzare i risultati.

16.1.2.2Rapporto delle verifiche periodiche

A seguito della verifica periodica di un impianto esistente, deve essere preparato un rapporto periodico. Tale documentazione deve includere i dettagli di quelle parti dell'impianto e delle limitazioni della verifica coperte dal rapporto, insieme con una registrazione dell'esame a vista, che includa ogni difetto riscontrato, nonché il risultato delle prove.

Il rapporto periodico può contenere le raccomandazioni per la riparazione e il miglioramento, se opportuno, tale da portare l'impianto conforme alle norme vigenti

Il rapporto periodico deve essere fornito dalla persona responsabile della verifica, o da una persona autorizzata a ciò, alla persona che ha incaricato la verifica.

17DM 37/08: NUOVE DISPOSIZIONI IN MATERIA DI INSTALLAZIONE DEGLI IMPIANTI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI

Gli impianti oggetto della presente relazione rientrano nell'ambito di applicazione del D.M. n° 37 del 22 Gennaio 2008; essi rientrano, infatti, nell'ambito degli *"impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica, impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, impianti di automazione di porte, cancelli e barriere (Art.1 –comma 2 -lettera a- DM 37/08)*" posti "*al servizio degli edifici indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi o delle relative pertinenze (Art. 1 – comma 1 -DM 37/08)".*

Per impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica si intendono i circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina con esclusione degli equipaggiamenti elettrici delle macchine, degli utensili, degli apparecchi elettrici in genere. Nell'ambito degli impianti elettrici rientrano anche quelli di autoproduzione dell'energia fino a 20 kW nominale, gli impianti per l'automazione di porte, cancelli e barriere, nonché quelli posti all'esterno di edifici se gli stessi sono collegati, anche solo funzionalmente, agli edifici. *(Rif. Art.2 -comma 1-lettera e- DM 37/08).*

17.1Progettazione degli impianti

Per la tipologia di impianti elettrici sopraccitati (rif. *Art.1 –comma 2 -lettera a- DM 37/08)* , sulla base dell'art. 5 del D.M. 27/08 è obbligatoria la redazione del progetto da parte di professionista iscritto agli albi professionali secondo le specifiche competenze tecniche richieste, per tutti gli interventi di installazione , trasformazione e ampliamento relativi a:

- Utenze condominiali e utenze domestiche di singole unità abitative aventi potenza impegnata superiore a 6 kW o utenze domestiche di singole unità abitative di superficie superiore a 400 mq.
- Immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario e ad altri usi, quando le utenze sono alimentate a tensione superiore a 1000 V, inclusa la parte in bassa tensione o quando le utenze sono alimentate in bassa tensione aventi potenza impegnata superiore a 6 kW o qualora la superficie superi i 200 mq.
- Unità immobiliari provviste, anche solo parzialmente, di ambienti soggetti a normativa specifica del CEI, in caso di locali adibiti ad uso medico o per i quali sussista pericolo di esplosione o di maggior rischio di incendio, nonché per gli impianti di protezione da scariche atmosferiche in edifici di volume superiore a 200 mc.

Nel caso, inoltre, di impianti elettrici soggetti all'obbligo di progettazione, anche eventuali impianti radiotelevisivi, antenne ed impianti elettronici in genere (impianti antintrusione etc...) che coesistono con gli impianti elettrici, devono essere progettati da un professionista iscritto agli albi professionali secondo le specifiche competenze tecniche richieste.

17.2Imprese abilitate alla realizzazione degli impianti

Ai sensi dell' *Art. 3* del D.M. 37/08, sono abilitate all'installazione, alla trasformazione, all'ampliamento ed alla manutenzione degli impianti a cui si applica il D.M. 37/08, tutte le imprese iscritte nel registro delle imprese di cui al decreto del Presidente della Repubblica 7 dicembre 1995 n° 581 e successive modificazioni, o nell'albo provinciale delle imprese artigiane di cui alla legge 8 agosto 1985, n° 443, a patto che l'imprenditore individuale o il legale rappresentante ovvero il responsabile tecnico da essi preposto con atto formale, sia in possesso dei requisiti tecnico professionali ai sensi dell'*Art. 4* del D.M. 37/08.

Le imprese non installatrici, che dispongono di uffici tecnici interni sono autorizzate all'installazione, alla trasformazione, all'ampliamento e alla manutenzione degli impianti, relativi esclusivamente alle proprie strutture interne e nei limiti della tipologia di lavori per i quali il responsabile possiede i requisiti previsti dall'*Art. 4* del D.M. 37/08.

17.3Dichiarazione di conformità

"Al termine dei lavori, previa effettuazione delle verifiche richieste dalla normativa vigente, comprese quelle di funzionalità dell'impianto, l'impresa installatrice rilascia al committente la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme di cui all'Art.6 (del D.M. 37/08). Di tale dichiarazione, redatta sulla base del modello di cui all'allegato I (del D.M. 37/08) fanno parte integrante la relazione contenente la tipologia dei materiali impiegati, nonché, ove previsto, il progetto."

[Art. 7- Comma 1 -D.M. 37/08]

Nel caso in cui la dichiarazione di conformità prevista dal DM 37/08 non sia stata prodotta o non sia più reperibile, tale atto è sostituito per gli impianti eseguiti prima del 27/03/08, in base a quanto previsto dall' *Art. 7- Comma 2- D.M. 37/08*, da una dichiarazione di rispondenza , resa da un professionista iscritto all'albo professionale per le specifiche competenze tecniche richieste, che ha esercitato la professione, per almeno cinque anni, nel settore impiantistico a cui si riferisce la dichiarazione, sotto personale responsabilità, in esito a sopralluoghi o accertamenti, ovvero, per gli impianti non soggetti ad obbligo di progetto, da un soggetto che ricopre da almeno cinque anni il ruolo di responsabile tecnico di un'impresa abilitata ai sensi del D.M. 37/08, operante nel settore impiantistico a cui si riferisce la dichiarazione.

17.4Obblighi del committente o del proprietario

Il Committente è tenuto ad affidare i lavori di installazione, di trasformazione, di ampliamento e di manutenzione straordinaria degli impianti a cui si applica il D.M. 37/08 ad imprese abilitate ai sensi dell'*Art.3* del decreto stesso.

Il proprietario dell'impianto deve adottare le misure necessarie per conservare le caratteristiche di sicurezza previste dalla normativa vigente in materia, tenendo conto delle istruzioni per l'uso e la manutenzione predisposte dall'impresa installatrice dell'impianto e dai fabbricanti delle apparecchiature installate.

Il committente entro 30 giorni dall'allacciamento di una nuova fornitura di gas, energia elettrica, acqua, negli edifici di qualsiasi destinazione d'uso, deve consegnare la distributore o al venditore copia della

dichiarazione di conformità dell'impianto, esclusi i relativi allegati obbligatori, o copia della dichiarazione di rispondenza. La medesima documentazione è consegnata nel caso di richiesta di aumento di potenza impegnata a seguito di interventi sull'impianto, o di un aumento di potenza che senza interventi sull'impianto determina il raggiungimento dei livelli di potenza impegnata di cui all'*Art.5- Comma 2- D.M. 37/08,* e comunque per gli impianti elettrici, la potenza di 6 kW. Decorso tale termine, il fornitore od il distributore di gas, energia elettrica o acqua, previo congruo avviso, sospende la fornitura.

17.5Deposito presso lo sportello unico per l'edilizia del progetto della dichiarazione di conformità o del certificato di collaudo

Per la tipologia di impianti elettrici sopraccitati (rif. *Art.1 –comma 2 -lettera a- DM 37/08)* , sulla base dell'art. 11 del D.M. 27/08, vale che:

- per il rifacimento o l'installazione di nuovi impianti in edifici per i quali è già stato rilasciato il certificato di agibilità, l'impresa installatrice deve depositare entro 30 giorni dalla conclusione dei lavori presso lo sportello unico dell'edilizia del comune ove ha sede l'impianto, la dichiarazione di conformità e l'eventuale progetto relativi agli impianti installati, oppure il certificato di collaudo, ove previsto dalle norme vigenti.
- per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento di impianti che sono connesse ad interventi edilizi subordinati a permesso di costruire ovvero a denuncia di inizio attività , il soggetto titolare del permesso di costruire o il soggetto che ha presentato la denuncia di inizio attività deve depositare il progetto degli impianti da realizzare presso lo sportello unico per l'edilizia del comune ove deve essere realizzato l'intervento, contestualmente al progetto edilizio.

17.6Cartello informativo

All'inizio dei lavori per la costruzione e la ristrutturazione dell'edificio contenente gli impianti a cui si applica il D.M. 37/08, l'impresa installatrice deve affiggere un cartello da cui risultino i propri dati identificativi, e se è prevista la redazione del progetto il nome del progettista dell'impianto o degli impianti.

18Dpr462

Il 23 gennaio 2002 è entrato in vigore il **Decreto del Presidente della Repubblica 22 ottobre 2001 n. 462**, "*Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale 8 gennaio 2002 n. 6 , che ha completamente modificato le procedure di denuncia e di verifica degli impianti oggetto del decreto stesso. Il decreto si riferisce solo ed esclusivamente agli **impianti realizzati nei luoghi di lavoro**, intendendo con questi i luoghi in cui si è in presenza di un lavoratore subordinato. Secondo la normativa vigente sono assimilati a "dipendenti" anche i soci lavoratori di società di persone e cooperative, gli stagisti, gli apprendisti, gli allievi di scuole che utilizzano macchine utensili e attrezzature in genere.

18.1Denuncia ed omologazione nuovi impianti

Con il decreto sono stati innanzi tutto aboliti i vecchi **modelli A, B e C** di denuncia degli impianti. Inoltre, sono stati abrogati:

- gli articoli **40** e **328** del **Dpr 547/55**;
- gli articoli **2**, **3** e **4** del **Dm 12/9/59** "Attribuzioni dei compiti e determinazione delle modalità e delle documentazioni relative all'esercizio delle verifiche e dei controlli previsti dalle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro".

La denuncia dell'impianto viene effettuata dal datore di lavoro, il quale deve inviare all'Ispesl e/o all'Asl/Arpa territorialmente competenti, entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, la relativa **dichiarazione di conformità** rilasciata dall'installatore (la dichiarazione di conformità deve essere inviata sia all'Ispesl, sia all'Asl/Arpa nel caso di impianti di messa a terra e di protezione contro le scariche atmosferiche; solo all'Asl/Arpa per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione).

Con il rilascio della dichiarazione di conformità, l'installatore provvede anche all'**omologazione dell'impianto di messa a terra** e dell'eventuale impianto di protezione contro le scariche atmosferiche. Per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione l'omologazione è invece effettuata dall'Asl/Arpa al momento della prima verifica (da effettuarsi entro due anni dalla denuncia).

18.2Verifiche periodiche

La maggior novità introdotta dal Dpr 462/2001 riguarda però le **verifiche periodiche** di legge: mentre precedentemente al DPR 462/01 era compito dell'Ispesl effettuare la prima verifica, e delle ASL le verifiche periodiche, ed erano quindi loro le responsabilità del non rispetto della periodicità, dal 23 gennaio 2002 è il datore di lavoro che ha l'obbligo di richiedere e far effettuare le verifiche secondo le nuove periodicità.

Il 23 gennaio 2002 è scattato **l'obbligo per tutti i datori di lavoro** di richiedere e far eseguire le verifiche periodiche e straordinarie per:

- impianti elettrici di messa a terra;
- installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche;
- impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione.

18.3Periodicità delle verifiche

Il datore di lavoro è tenuto a richiedere la verifica periodica degli impianti elettrici di messa a terra e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche ogni:

- **2 anni** (verifica biennale) per:
  - gli impianti elettrici e gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche in luoghi con pericolo di esplosione
  - gli impianti di terra e gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche a servizio di:
    1. Cantieri, cioè luoghi in cui vi siano impianti elettrici temporanei per: lavori di costruzione di nuovi edifici, lavori di riparazione, trasformazione, ampliamento o demolizione di edifici esistenti, lavori di movimento terre, lavori simili (interventi di manutenzione in banchine, costruzione di teleferiche, ecc.)
    2. Ambienti a maggior rischio in caso di incendio cioè quelli definiti da CEI 64-8 sez. 751, cioè:
       - Attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco, cioè ad esempio: locali di spettacolo e trattenimento in genere con un massimo affollamento ipotizzabile superiore a 100 persone; alberghi, pensioni, motels, dormitori e simili, con oltre 25 posti-letto; scuole di ogni ordine, grado e tipo, collegi, accademie e simili per oltre 100 persone presenti; ambienti adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, con superficie lorda superiore a 400 mq, comprensiva dei servizi e dei depositi; stazioni sotterranee di ferrovie, di metropolitane e simili; ambienti destinati ai degenti negli ospedali e negli ospizi, ai detenuti nelle carceri ed ai bambini negli asili ed ambienti simili, edifici pregevoli per arte o storia oppure destinati a contenere biblioteche, archivi, musei, gallerie, collezioni e comunque oggetti di interesse culturale sottoposti alla vigilanza dello Stato, ecc.
       - Edifici con strutture portanti in legno.
       - Ambienti nei quali avviene la lavorazione, il convogliamento, la manipolazione o il deposito di materiali combustibili (ad s. legno, carta, lana, paglia, grassi lubrificanti, trucioli, manufatti facilmente combustibili), e/o materiali esplosivi, fluidi combustibili/infiammabili, polveri combustibili/infiammabili con modalità tali da non consentire loro il contatto con l'aria ambiente a temperature uguali o superiori a quella d'infiammabilità, quando la classe del compartimento antincendio considerato è pari o

superiore a 30. Gli ambienti nei quali avviene la lavorazione, il convogliamento, la manipolazione o il deposito di materiali esplosivi, fluidi infiammabili, polveri infiammabili con modalità tali da consentire loro il contatto con l'aria ambiente a temperature uguali o superiori a quella d'infiammabilità, invece, sono classificabili come "Luoghi con pericolo di esplosione", e dunque soggetti alle relative verifiche di impianto a cadenza biennale (v. nota precedente).

3.Locali adibiti ad uso medico, cioè destinati a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza o di riabilitazione, inclusi i trattamenti estetici (ad es. sala massaggi, ecc.).

- **5 anni** (verifica quinquennale) per tutti gli altri casi.

18.4Organismi abilitati all'esecuzione delle verifiche

Le verifiche degli impianti oggetto del DPR 462/01 possono essere effettuate da ORGANISMI ABILITATI dal Ministero delle Attività Produttive, sulla base della normativa tecnica europea UNI CEI, o in alternativa da Asl/Arpa.
Non sono valide quindi, ai fini del DPR 462/01, le verifiche effettuate da professionisti o imprese installatrici.

Chi esegue la verifica (Asl/Arpa od organismo notificato) rilascia un verbale al datore di lavoro, il quale ha il dovere di conservarlo ed esibirlo in caso di controllo degli organi di vigilanza (mentre un'altra copia del verbale deve essere destinato all'Ispettorato del lavoro).

L'Ispesl effettua a campione la prima verifica sulla conformità alla normativa vigente degli impianti (le verifiche sono stabilite annualmente d'intesa con le singole regioni) e le spese per la loro effettuazione, essendo molto onerose, ricadono tutte sulle spalle del datore di lavoro. Inoltre, sono previste anche delle verifiche straordinarie dell'impianto nel caso in cui si ha:

- un esito negativo della verifica periodica;
- modifica sostanziale dell'impianto;
- richiesta del datore di lavoro.

18.5Inosservanza al DPR462/01 e sanzioni

Considerato che l'obbligo di richiedere e far eseguire le verifiche periodiche di legge è a carico del datore di lavoro, la mancata effettuazione delle verifiche di legge è una inosservanza che viene contestata al datore di lavoro da parte di Ispesl, NAS, Ispettorato del Lavoro, ecc. in fase di attività di vigilanza.
Il datore di lavoro pertanto deve essere in possesso del verbale di verifica rilasciato dall'Organismo di Ispezione per poterlo esibire in occasione di controlli da parte degli Enti preposti.

Le sanzioni previste in caso di mancata ottemperanza agli obblighi di legge previsti dal DPR 462/01 sono:
- Arresto sino a tre mesi o ammenda da € 258,23 a € 1.032,91, in caso di applicabilità dell'art. 9 comma 2 del DPR 462/01.

- Arresto da tre a sei mesi o ammenda da € 1.549,37 a € 4.131,66, in caso di applicabilità dell'art. 32, 35 del DLgs 626/94.
Tali sanzioni, essendo di carattere penale, si applicano a tutte le persone dell'azienda responsabili penalmente (per es. tutti i soci delle s.n.c., tutti i soci accomandatari delle s.a.s. e l'amministratore delle s.r.l.).