

Il Rischio Elettrico

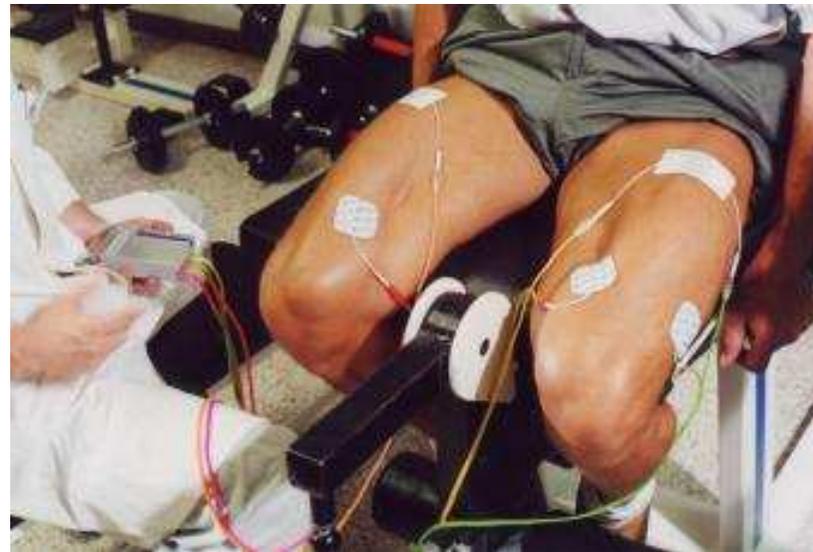
- Elementi di base
- Cenni ai sistemi di protezione

Corrente Elettrica e Corpo Umano

Gli effetti della corrente elettrica sul corpo umano dipendono da:

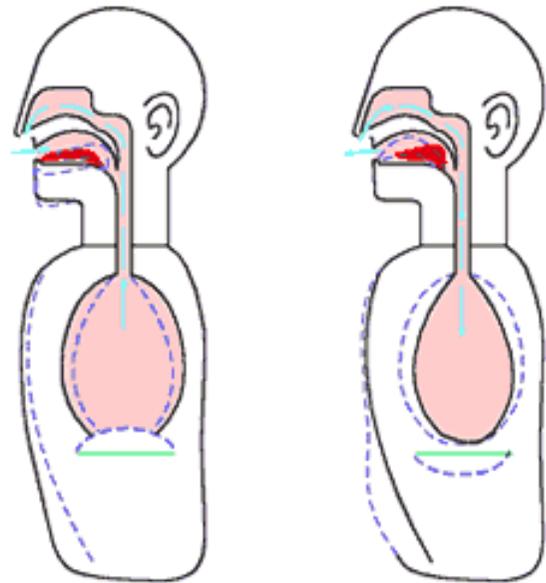
- Entità della corrente
(più corrente passa, maggiore è l'effetto)
- Tempo di permanenza
(più tempo permane, maggiore è l'effetto)
- Il percorso della corrente
(vedi oltre)

Correnti Deboli

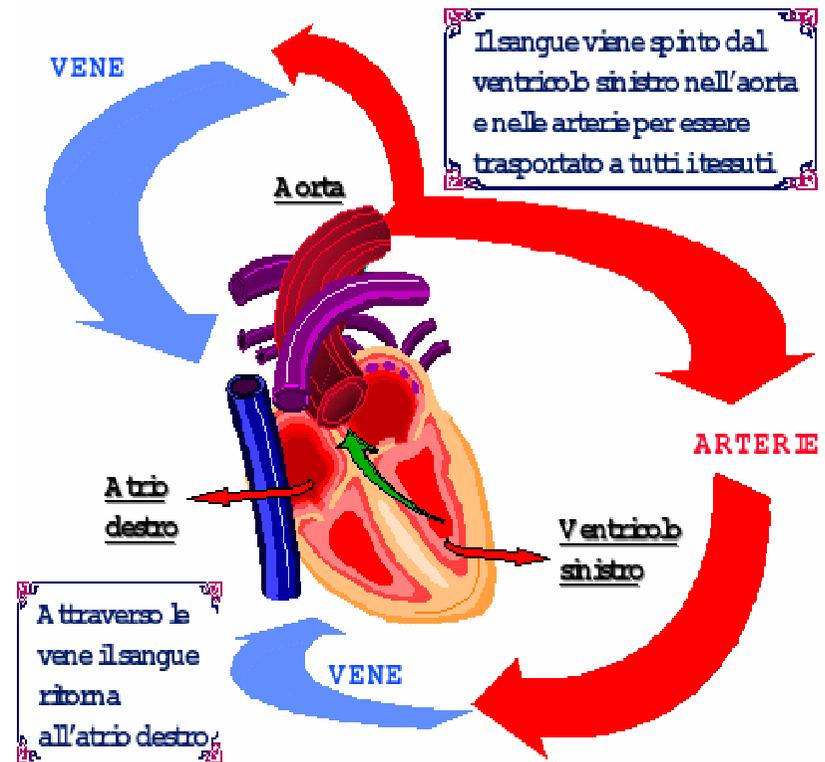


Poco pericolose

Se Le Correnti Aumentano

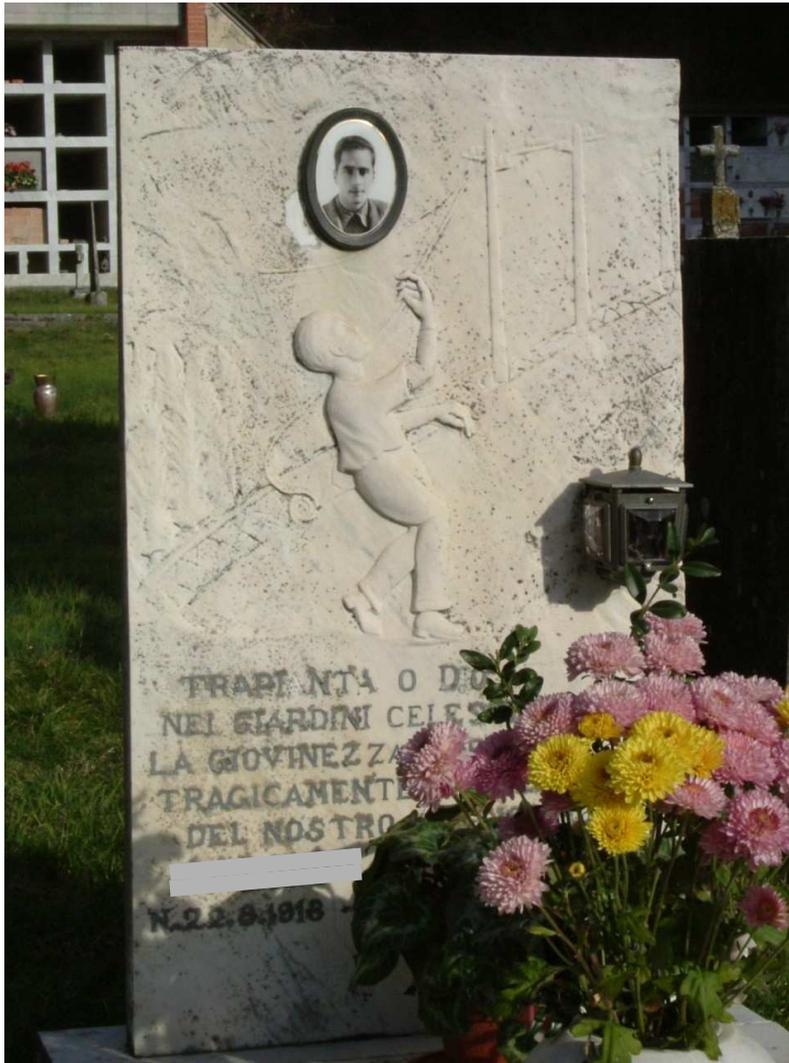


Alterazione della respirazione



Alterazione della circolazione

Le Estreme Conseguenze



Lavoratore morto per aver toccato cavi elettrici che si erano staccati da un traliccio

(Cimitero di Fosdinovo)

Ma Non Finisce Qui!



L'elettricità può essere causa di **incendi** ed **esplosioni**

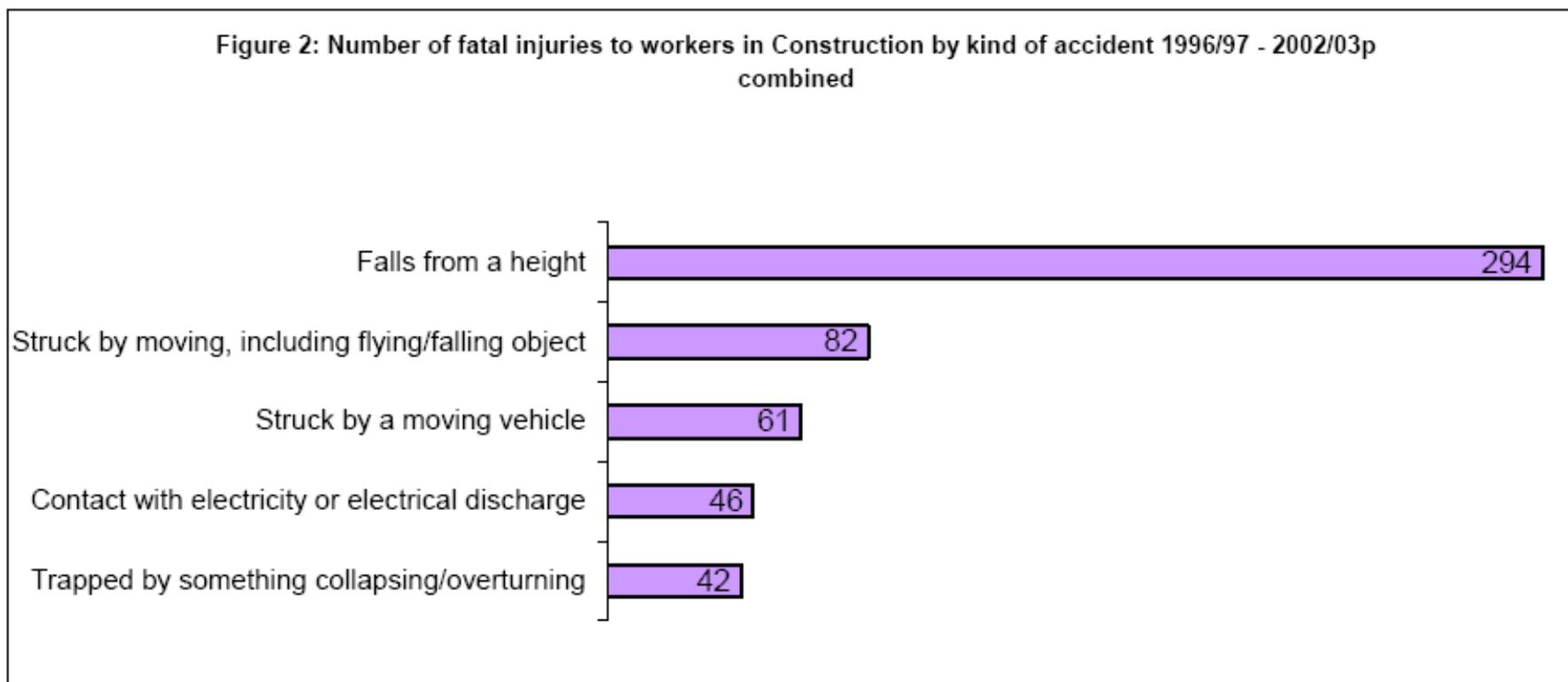
Ancora Un Esempio



Traumi o cadute
provocate dal contatto
con l'elettricità

Alcuni dati

(fonte Health & Safety Commission – GB)



Infotuni mortali nei cantieri (Statistiche anni 1996 – 2003)

46 infotuni su 525 sono dovuti al **contatto con l'energia elettrica** o a **scariche elettriche**

Altri esempi

(fonte FILLEA – CGIL)

- **24/10/05 Lamezia Terme** - Catanzaro Un operaio di 39 anni, Pietro Trovato, è morto folgorato da una scarica elettrica dopo che **il tubo che stava manovrando per effettuare una colata di cemento ha toccato un cavo dell'alta tensione.**
- **1/8/05 Mantova** - Un muratore di 28 anni, Emiliano Casalino, di Roncoferrato, è morto in un cantiere edile, folgorato da una scarica elettrica di 380 volt. Mentre lavorava su un ponteggio per la costruzione di una casa, **è venuto a contatto con un cavo elettrico** che attraversava la struttura di legno e ferro.
- **28/06/05 Ardea** - Roma Un operaio tunisino di 31 anni, Ahmed Bahami, è morto folgorato da una scarica elettrica, mentre effettuava **lavori di manutenzione** in un capannone di una azienda di Ardea.
- **18/4/05 Ferrara** - Un operaio di origini pakistane di 19 anni, è morto mentre **stava pulendo una macchina scavatrice con una idropulitrice elettrica.** Il giovane è rimasto folgorato da un corto circuito innescato dal fondo bagnato.

Altri esempi

(fonte <http://www2.varesenews.it>)

Lunedì nero per il lavoro: due morti (24/06/03)



[...]Salvatore Oliverio era un artigiano, titolare della ditta Applicolor Edilizia srl, specializzata in lavori di verniciatura e imbiancatura di esterni. La tragedia è avvenuta alle 16 e 45 (**nella foto la palazzina in cui è avvenuto l'incidente**). Secondo quanto raccontato dai suoi compagni di lavoro l'uomo ha messo mano a un gruppo di cavi scoperti all'esterno della palazzina, subendo una tremenda **scarica elettrica** (foto a sinistra). A nulla sono valsi i primi soccorsi prestatigli dai colleghi, tra cui alcuni parenti. Inoltre pare che la sua ditta non fosse titolare dell'appalto, ma stesse lavorando in subappalto per un'altra azienda di Tradate.

Altri esempi

(fonte <http://www.sicurezzaonline.it>)

Infortunio mortale in cantiere (15/03/01)

Folgorato da una scossa elettrica presso il cantiere in cui stava lavorando. Così è morto Francesco Ribecco, sessantuno anni, piccolo imprenditore edile. E' successo intorno all'una e trenta di ieri pomeriggio a Ispra, in un cantiere edile dove sono in corso lavori per la costruzione di case a schiera e villette. Avevano appena cominciato a lavorare lui e gli operai dipendenti dell'impresa di cui era il titolare quando, forse per controllare il **malfunzionamento di una pompa che aspirava l'acqua** dalle fondamenta della costruzione, ha messo i piedi nell'acqua prendendo in mano la pompa. Un gesto che gli è stato fatale: una scossa elettrica di 220 volt lo ha colpito e steso al suolo.

Un altro caso

(fonte Injury Prevention Service (IPS) of the Oklahoma State)

A 52-year old man was standing on a ladder working on a suspended ceiling when he came in contact with a **110-volt electrical wire**. Upon contact with the electrical current, he kicked the ladder out from under himself and fell approximately 10 feet and landed on the right side of his face. He was treated in a hospital for 5 days before being discharged home.

Caduta dall'alto provocata dal contatto con l'energia elettrica!

Arco Elettrico

Fenomeno fisico di ionizzazione dell'aria con produzione di calore intenso, di gas tossici e raggi ultravioletti, che si innesca a seguito di corto circuito.

E' un effetto tipico del corto circuito specialmente in impianti elettrici ad alta energia (ovvero alta tensione di nominale).

Gli archi elettrici liberano energia sotto forma di estremo calore accompagnato da:

- un'onda d'urto,
- una forte detonazione,
- un lampo,
- radiazioni.



DPI contro l'arco elettrico

La questione di quali DPI siano più idonei a proteggere da determinate energie incidenti è trattata nella serie di norme nella serie di **norme EN (IEC) 61482 sugli indumenti protettivi contro l'effetto degli archi elettrici.**

Detti DPI non proteggono infatti dagli effetti di altri pericoli come detonazioni e onde d'urto.

Dal punto di vista della prevenzione è tuttavia opinabile se, pur utilizzando DPI con una migliore protezione termica, sia opportuno eseguire lavori sotto tensione in presenza di possibili energie incidenti così elevate.

Contatti Diretti Ed Indiretti

Definizioni (da CEI 64-8/2)

23.5 Contatto diretto: Contatto di persone con parti attive.

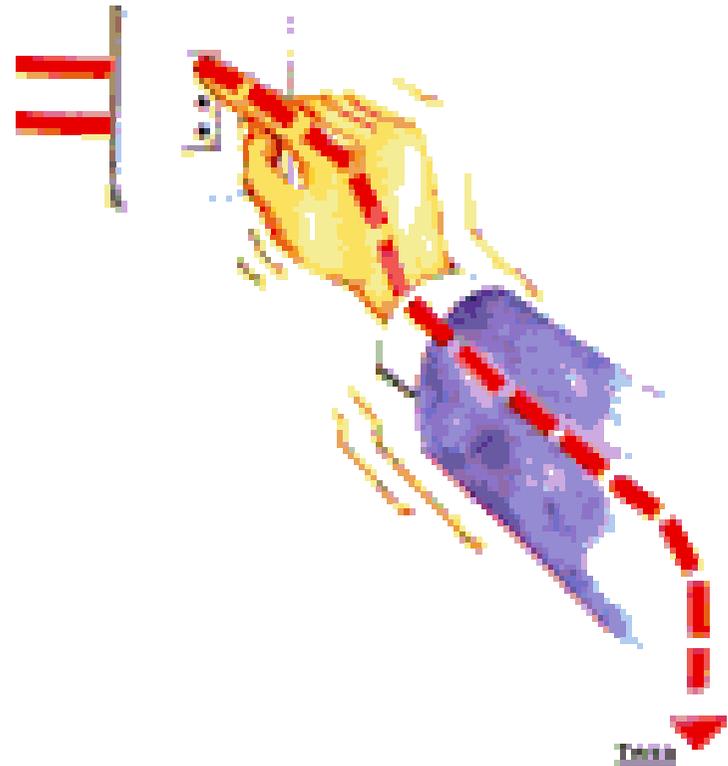
23.1 Parte attiva: Conduttore o parte conduttrice in tensione nel servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, ma escluso, per convenzione, il conduttore PEN.

23.6 Contatto indiretto: Contatto di persone con una massa in tensione per un guasto.

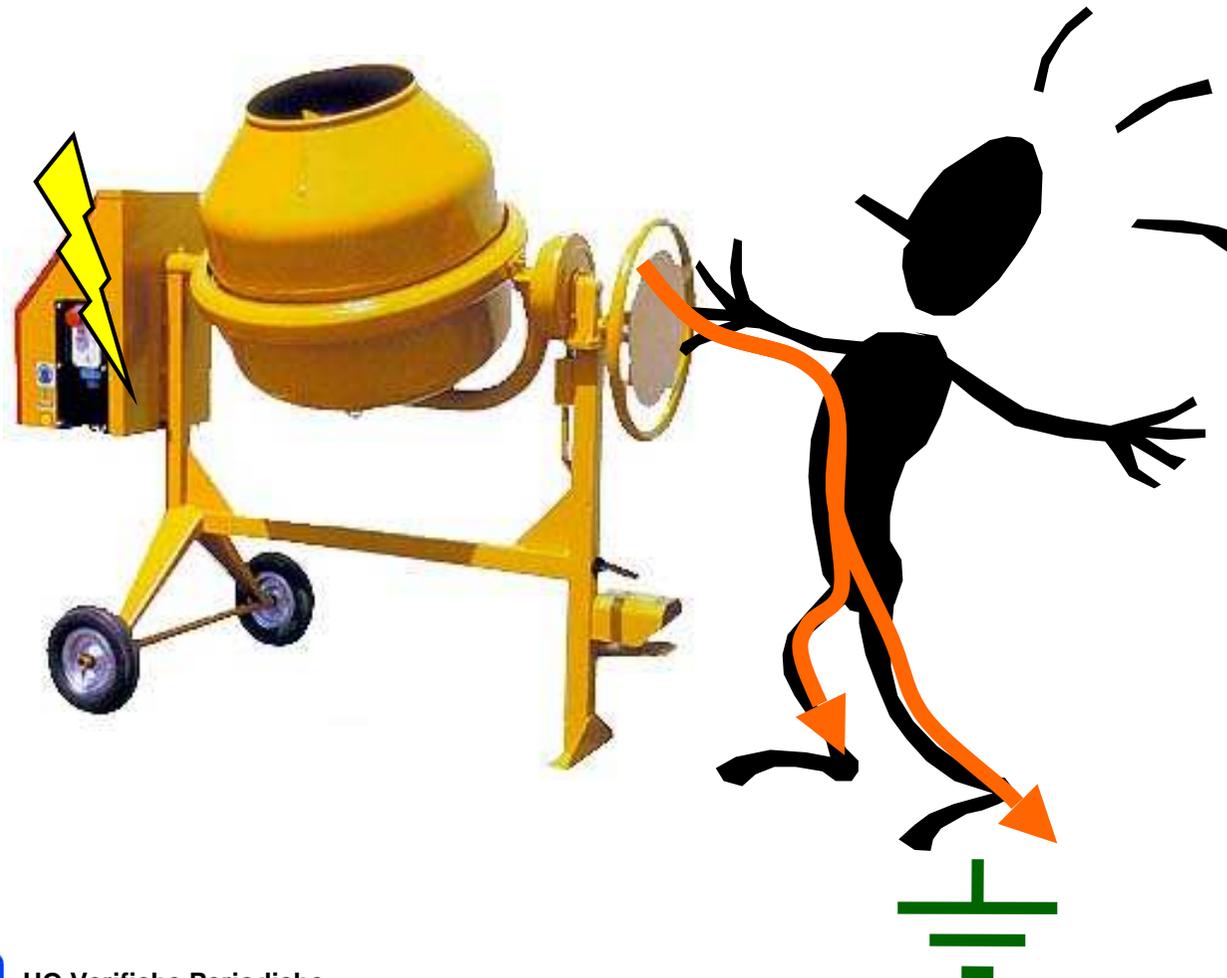
È ugualmente da ritenere contatto indiretto il contatto con una parte conduttrice in contatto con una massa durante un guasto dell'isolamento.

23.2 Massa: 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.

Contatto Diretto



Contatto Indiretto



Il Percorso



Il percorso **rosso** è più pericoloso del percorso **arancio**.

Alcune Definizioni

3.1 Soglia di percezione

Valore minimo di corrente che causa una sensazione alla persona attraverso cui fluisce la corrente.

3.2 Soglia di rilascio

Massimo valore di corrente per cui una persona può lasciare gli elettrodi con i quali è in contatto.

3.3 Soglia di fibrillazione ventricolare

Valore minimo di corrente che provoca la fibrillazione ventricolare.

3.4 Fattore di percorso

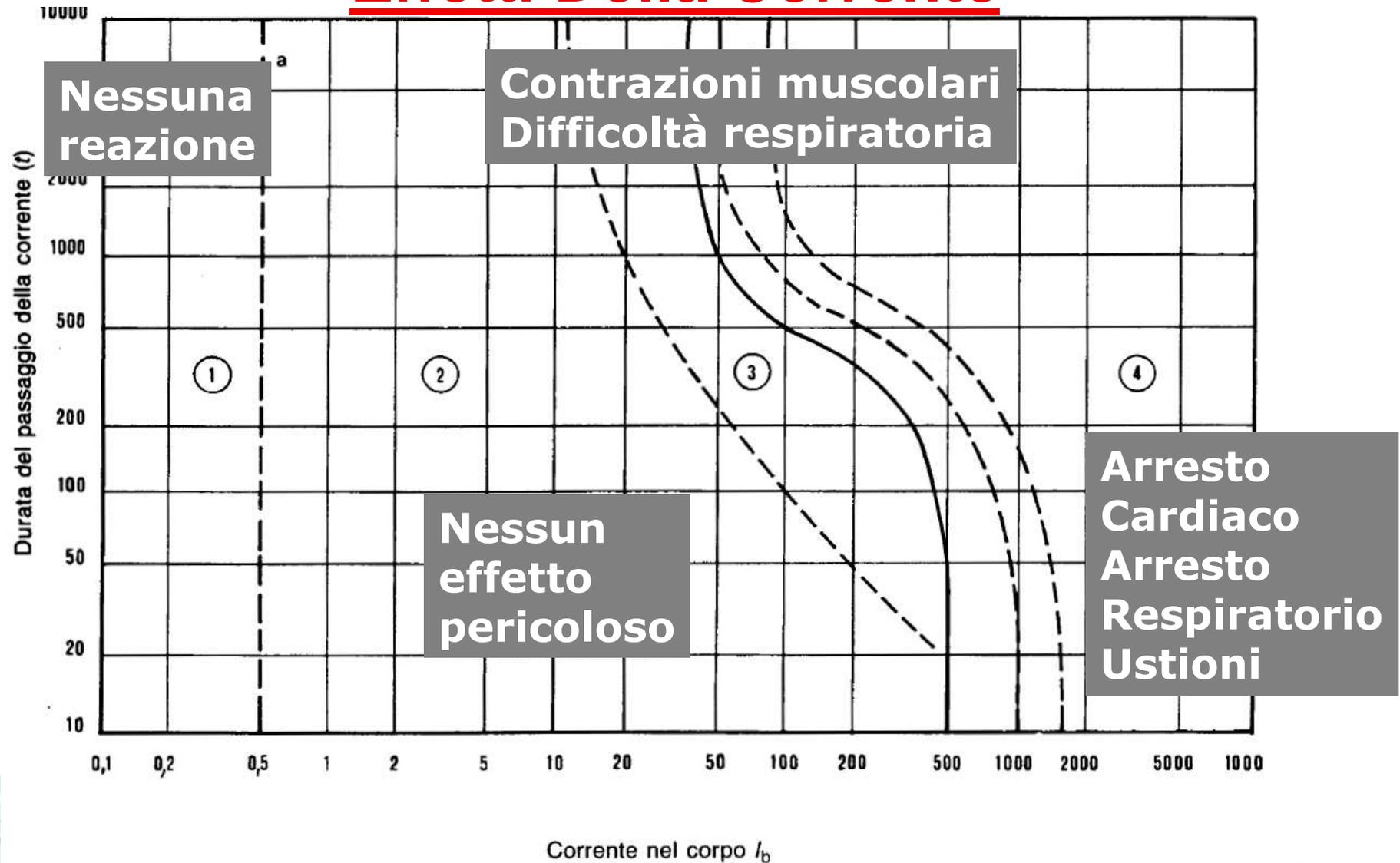
Rapporto tra l'intensità del campo elettrico nel cuore per un dato percorso della corrente e l'intensità del campo elettrico nel cuore per una corrente di uguale intensità che fluisce dalla mano sinistra ai piedi.

Nota Nel cuore, la densità di corrente è proporzionale all'intensità del campo elettrico.

3.5 Periodo vulnerabile

Il periodo vulnerabile riguarda una parte relativamente piccola del ciclo cardiaco durante la quale le fibre cardiache sono in uno stato non omogeneo di eccitabilità e la fibrillazione ventricolare avviene se esse sono eccitate da una corrente elettrica di sufficiente intensità.

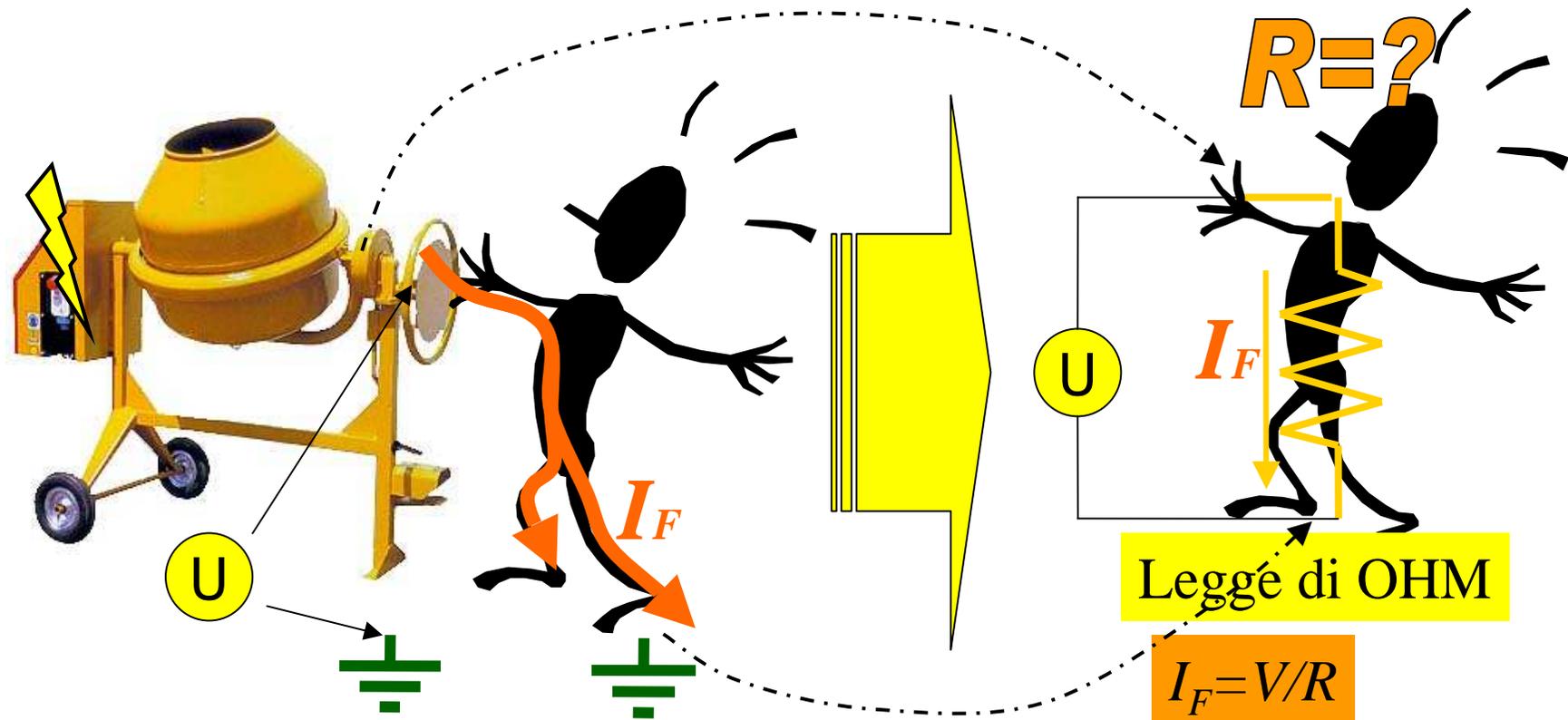
Effetti Della Corrente



Riassumendo...

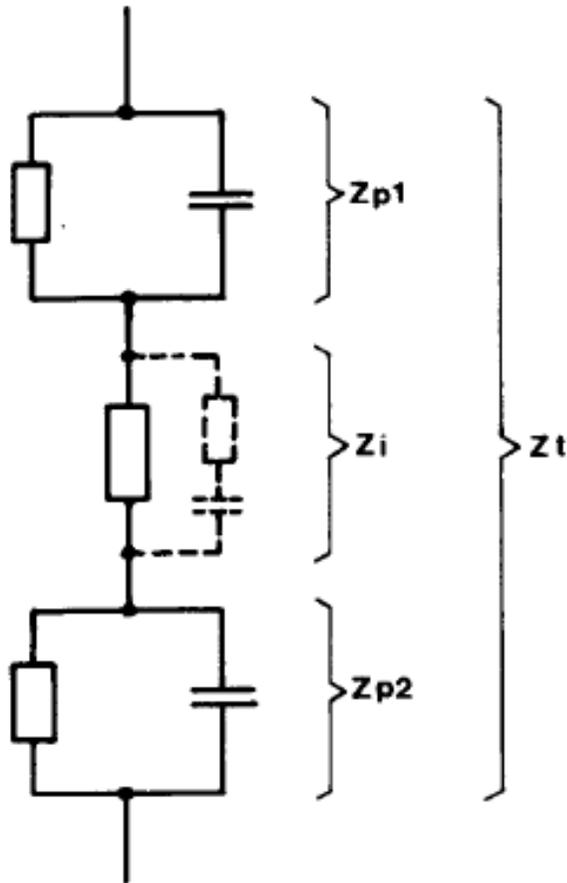


Un Modello Fisico



Limitando la tensione si limita la corrente!

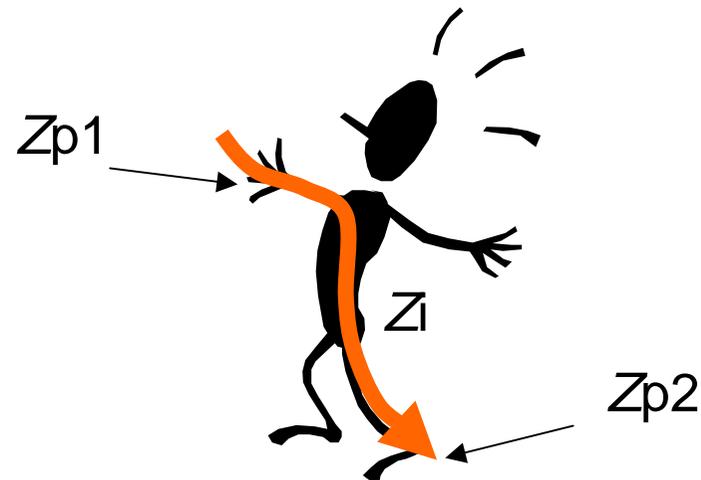
Impedenze Del Corpo Umano (CEI 4985:1999-01)



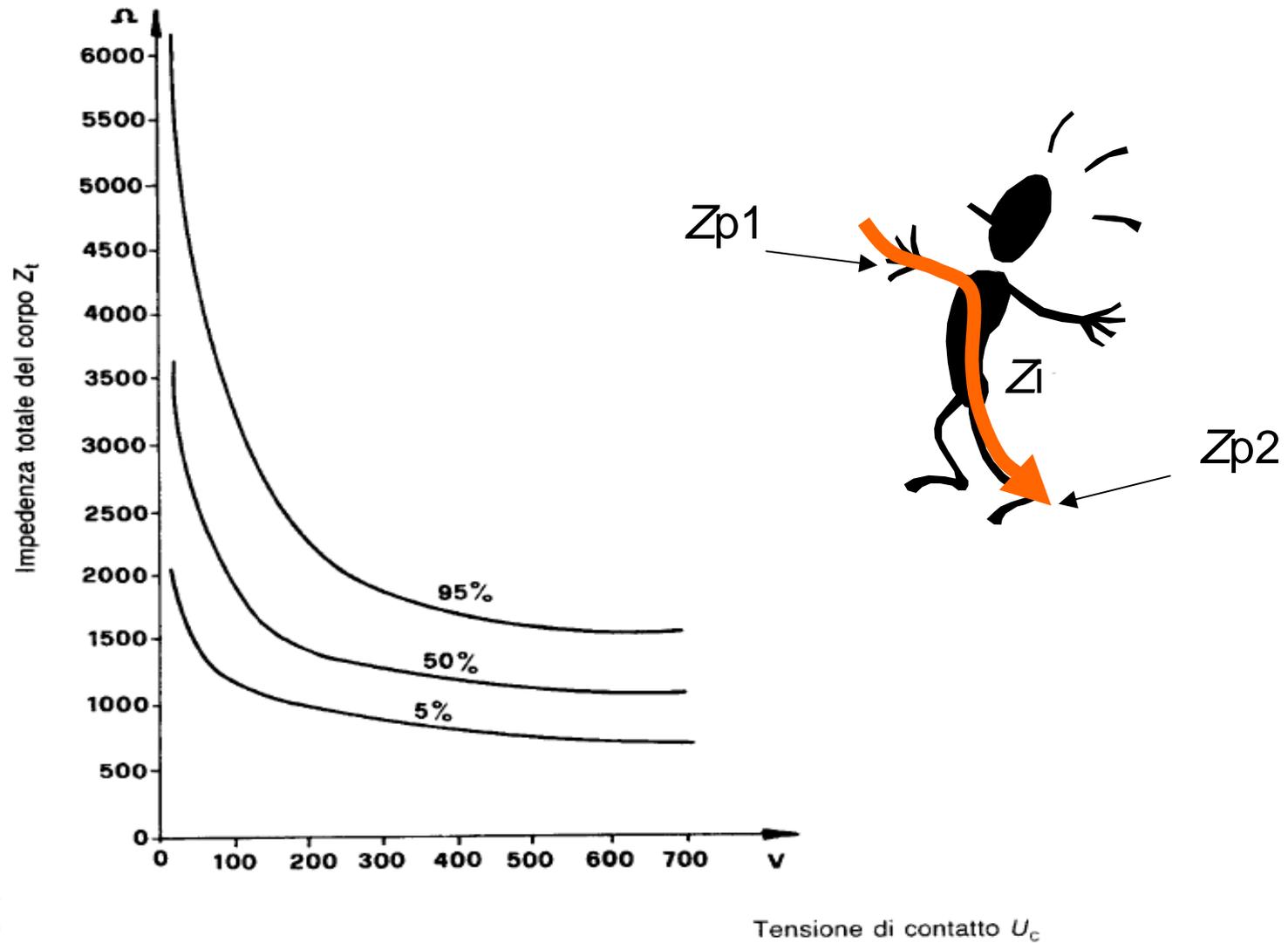
Z_i = Impedenza interna

$Z_{p1}Z_{p2}$ = Impedenza della pelle

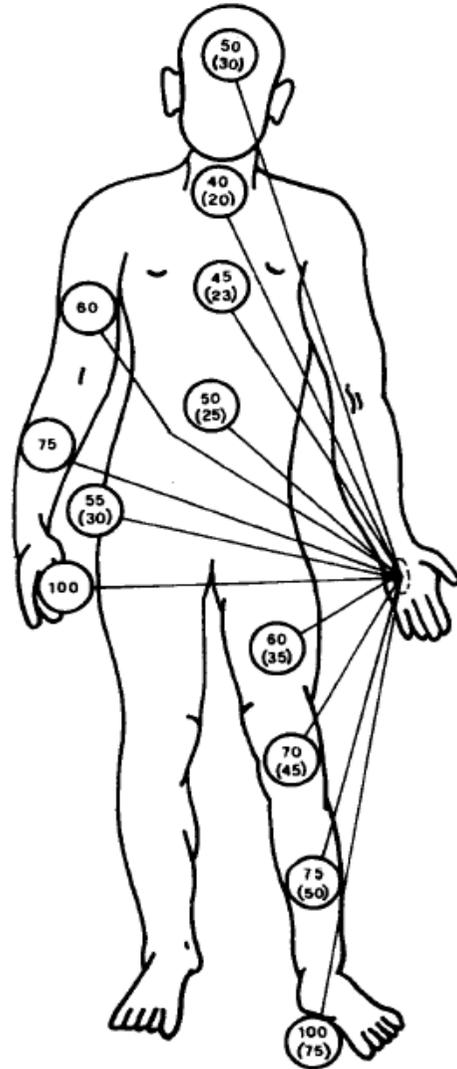
Z_t = Impedenza totale



Impedenza Totale



Il Fattore Percorso



I numeri indicano la percentuale dell'impedenza del corpo umano per un percorso prefissato, in relazione al percorso mano-mano.

I numeri non tra parentesi si riferiscono al percorso della corrente da una mano alla parte del corpo considerata. I numeri in parentesi si riferiscono ai percorsi tra le due mani e la corrispondente parte del corpo.

La Tensione Di Contatto

Per uno specificato percorso attraverso il corpo umano, **il pericolo per le persone dipende principalmente dalla intensità e dalla durata della corrente** secondo la figura precedente.

Tuttavia, le zone tempo/corrente specificate non sono, in molti casi, direttamente applicabili nella pratica per la designazione della protezione contro i contatti elettrici.

In pratica si fa riferimento alla **tensione di contatto U_c** , definita come il prodotto della corrente che passa per il corpo e l'impedenza del corpo stesso.

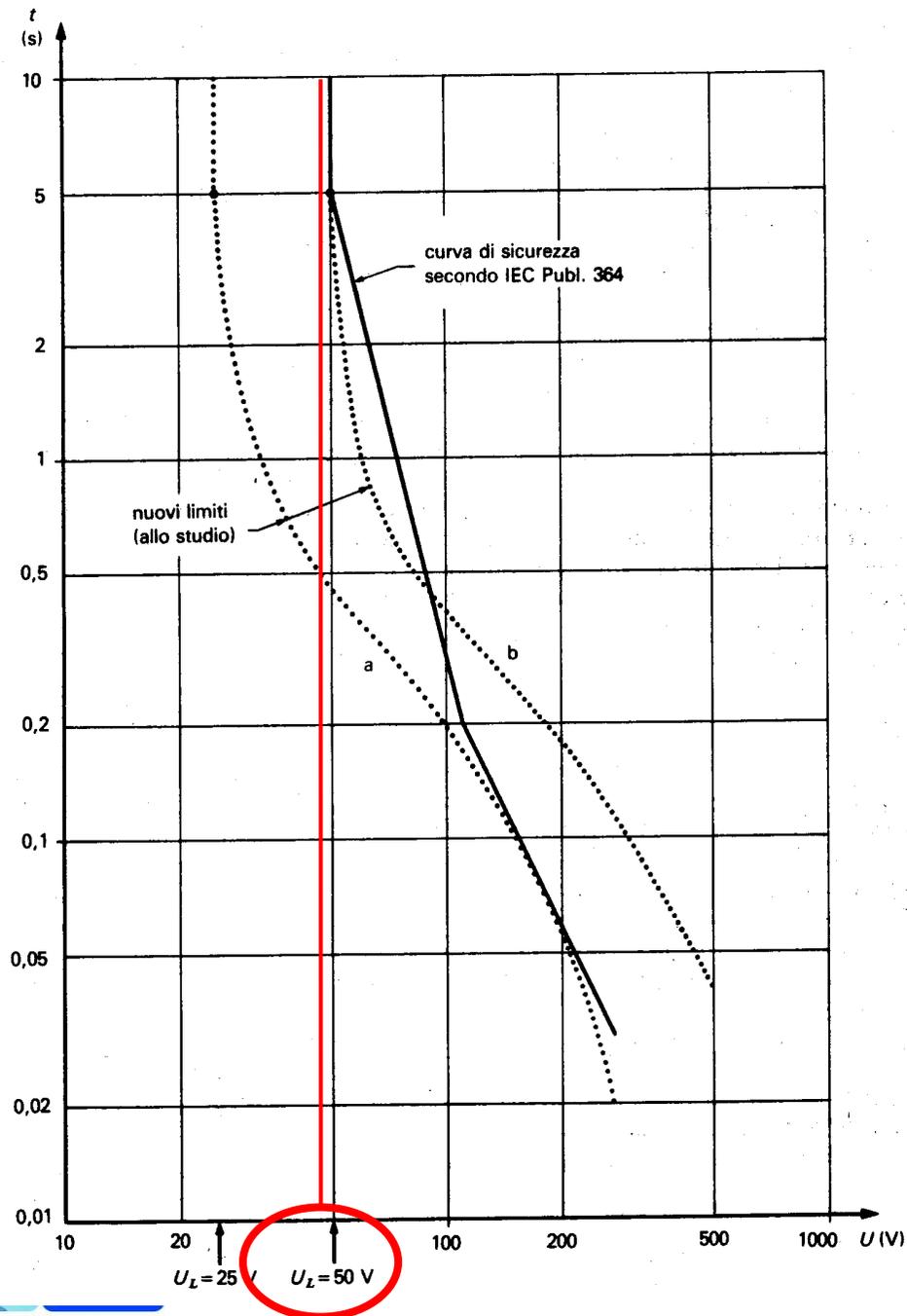
$$U_c = Zt \times I$$

Tensione Di Contatto Limite

22.4 Tensione di contatto limite convenzionale (*UL*)

Massimo valore della tensione di contatto che è possibile mantenere per un tempo indefinito in condizioni ambientali specificate.

*Nella presente Norma (CEI 64-8: impianti elettrici di bassa tensione) come tensione di contatto limite convenzionale *UL* si considera il valore massimo a vuoto, che convenzionalmente si ritiene possa permanere per un tempo indefinito nelle condizioni ambientali specificate e alla tensione nominale di alimentazione, senza pericolo per le persone. **Si assume *UL*= 50 V per i sistemi in c.a. e 120 V per i sistemi in c.c.**, tranne che per alcuni ambienti ed applicazioni particolari a maggior rischio per i quali si rimanda alla Parte 7 di questa Norma.*



Curva Di Sicurezza (IEC 364)

Stabilisce i valori limite convenzionali della tensione di contatto in funzione del tempo di permanenza.

Si distinguono una “**zona sicura**” (a sinistra della curva) ed una “**zona pericolosa**” (a destra della curva).

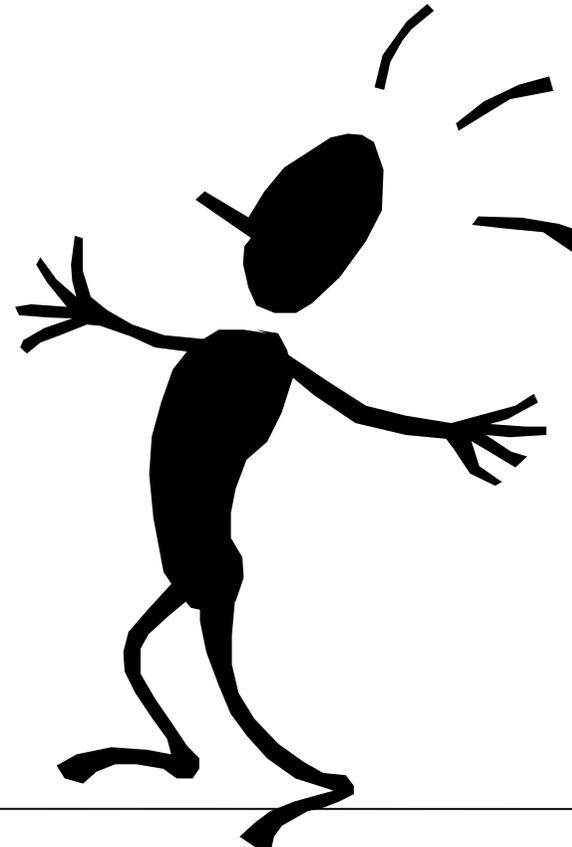
Per **U_L inferiore a 50 V** siamo sempre in zona sicura

Criterio Base di Protezione

Parte Attiva

Non c'è rischio se
 $U < 50$ Volt (AC)
 $U < 120$ Volt (DC)

U



Protezione Dai Contatti Diretti

La protezione delle persone contro i contatti diretti può essere ottenuta mediante:

Protezione totale

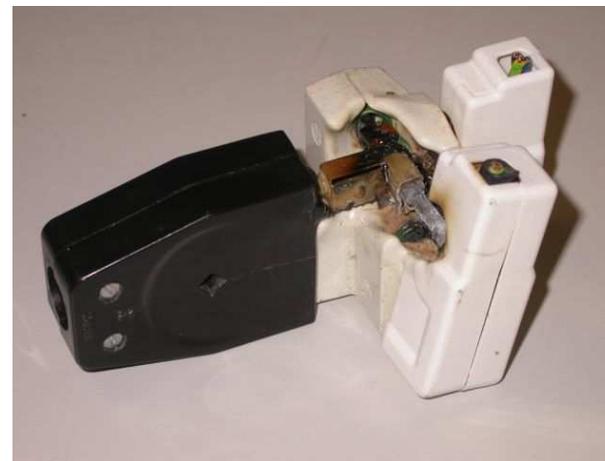
- **Isolamento delle parti attive.**
- **Involucri o barriere.**

Protezione parziale

- **Ostacoli**
- **Distanziamento**

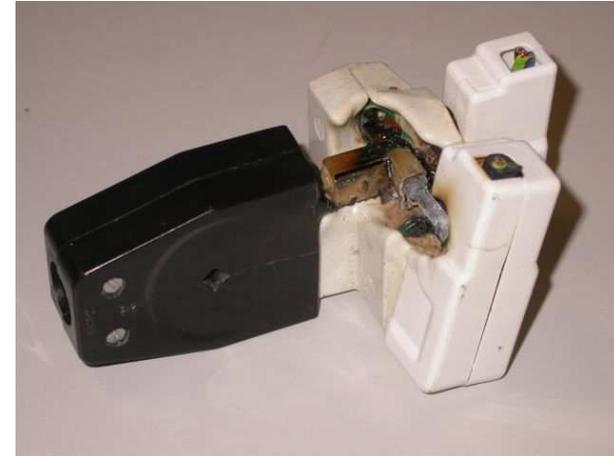
Isolamento delle parti attive

Le parti attive devono essere ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo tramite distruzione e tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche, e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.



Affidabilità dell'Isolamento

Le parti attive devono essere ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo tramite distruzione e tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche, e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.

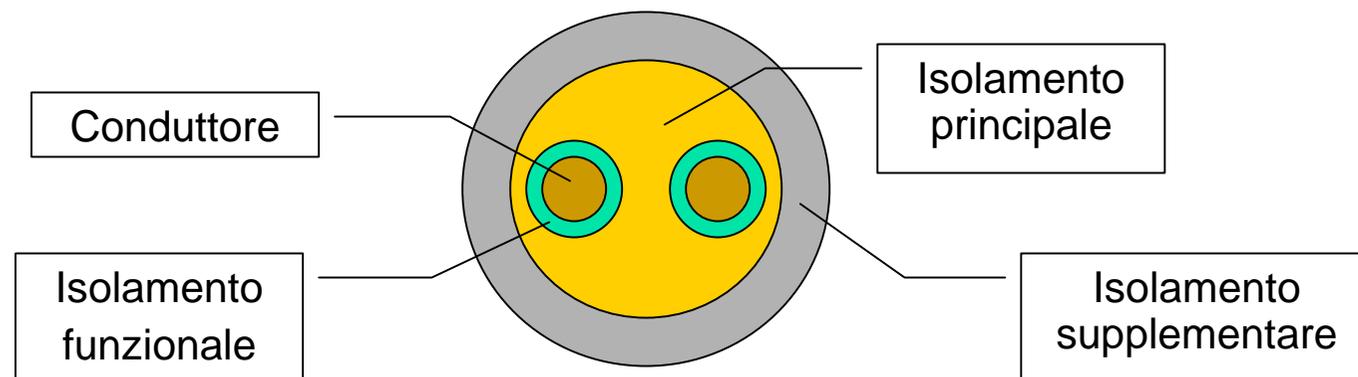


Isolamento funzionale e principale

Isolamento funzionale: è l'isolamento che, separando conduttori e diversa tensione, rende possibile il funzionamento dell'apparecchiatura.

Isolamento principale: è un isolamento delle parti attive utilizzato per la **protezione base contro i contatti diretti e indiretti**.

Isolamento supplementare: Isolamento indipendente previsto in aggiunta all'isolamento principale per assicurare la protezione contro i contatti elettrici in caso di guasto dell'isolamento principale.



Involucri o barriere

La parete attiva viene racchiusa e resa inaccessibile mediante **involucri** o **barriere** aventi caratteristiche opportune.

- **Affidabilità in condizioni ordinarie**

L'apertura degli involucri deve essere possibile solo con chiavi o attrezzi o esercitando *uno sforzo manuale superiore a quello esercitabile usualmente da una persona e comunque conforme a quello delle Norme applicabili.*

- **Inaccessibilità**

Deve essere assicurato un adeguato grado di protezione; anche casualmente l'involucro non deve consentire l'ingresso di parti del corpo o di altri oggetti (es. cacciavite) mediante i quali la persona può venire in contatto con l'elettricità.

Grado Di Protezione (IP)

La norma **CEI EN 60529** permette di indicare attraverso il codice IP i gradi di protezione previsti per le apparecchiature elettriche contro l'accesso alle parti in tensione e contro la penetrazione dell'acqua e dei corpi solidi estranei.



2a cifra – protezione da liquidi
(gocce, pioggia, spruzzi, getti d'acqua, ...)

Suffisso IP

Sta ad indicare che il numero si riferisce ad un grado di protezione

International **P**rotection

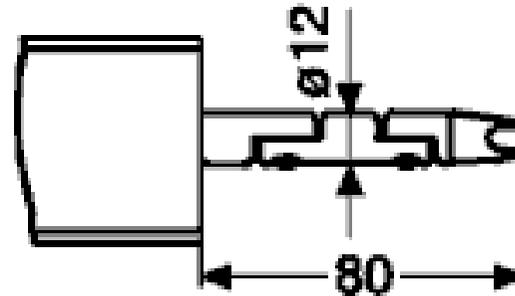
1a cifra – protezione da corpi solidi estranei
(solidi, polvere, parti del corpo, ...)

IP – Prima cifra

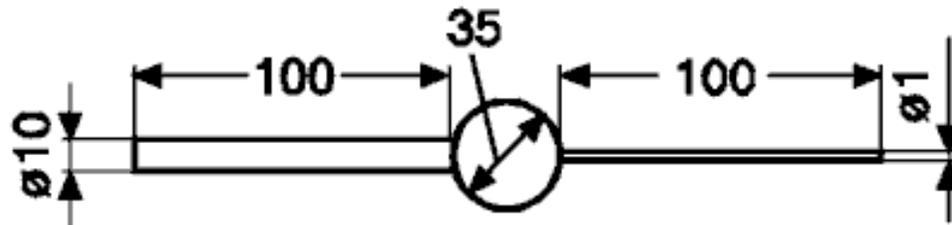
0	Nessuna protezione	
1	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	Non devono poter penetrare parti del corpo umano , per esempio una mano , o corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm di diametro.
2	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	Non devono poter penetrare le dita od oggetti analoghi di lunghezza non eccedente gli 80 mm o corpi solidi di diametro superiore a 12 mm.
3	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	Non devono poter penetrare fili di diametro o spessore superiore a 2,5 mm o corpi solidi di diametro superiore a 2,5 mm
4	Protetto contro i corpi solidi di dimensioni superiori a 1,0 mm	Non devono poter penetrare fili o piattine di diametro o spessore superiore a 1mm o corpi solidi di diametro superiore a 1mm
5	Protetto contro la polvere	La penetrazione di polvere non è totalmente esclusa ma il quantitativo penetrato non è tale da nuocere al buon funzionamento del materiale.
6	Totalmente protetto contro la polvere	Non è ammessa alcuna penetrazione di polvere.

Esempi di calibri

Dito di prova
IP 2X



Calibro 1 mm
IP 4X



IP – Seconda cifra

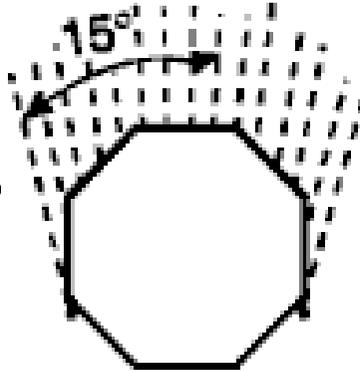
0	Nessuna protezione	
1	Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua	Le gocce d'acqua che cadono verticalmente non devono causare effetti dannosi,
2	Protetto contro la caduta d'acqua con inclinazione massima di 15°	Le gocce d'acqua che cadono verticalmente non devono causare effetti dannosi quando l'involucro è inclinato di qualsiasi angolo sino a 15° rispetto alla sua posizione originaria.
3	Protetto contro la pioggia	L'acqua che cade a pioggia con una direzione facente con la verticale un angolo fino a 60° non deve provocare effetti dannosi.
4	Protetto contro gli spruzzi d'acqua	L'acqua spruzzata sull'involucro da tutte le direzioni non deve provocare effetti dannosi.
5	Protetto contro i getti d'acqua	L'acqua proiettata con un ugello sull'involucro da tutte le direzioni non deve provocare effetti dannosi.
6	Protetto contro i getti d'acqua potenti	Nel caso di ondate o di getti potenti l'acqua non deve penetrare negli involucri in quantità dannosa.

IP – Seconda cifra (segue)

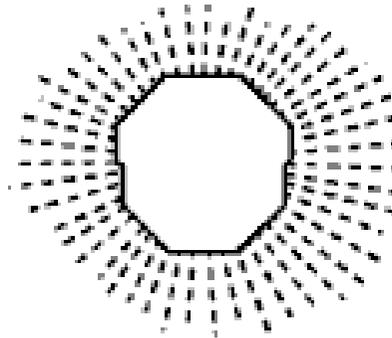
7	Protetto contro l'immersione temporanea	In caso di immersione di breve durata, l'acqua non deve penetrare negli involucri in quantità dannosa
8	Protetto contro l'immersione continua	In caso di immersione di lunga durata, l'acqua non deve penetrare negli involucri in quantità dannosa

Esempi di test

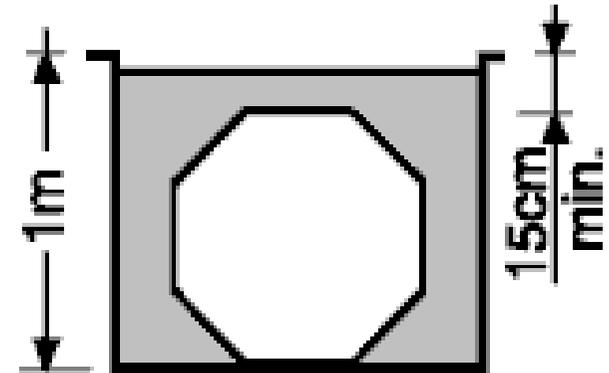
Cadute di gocce
d'acqua fino a 15°
IP X2



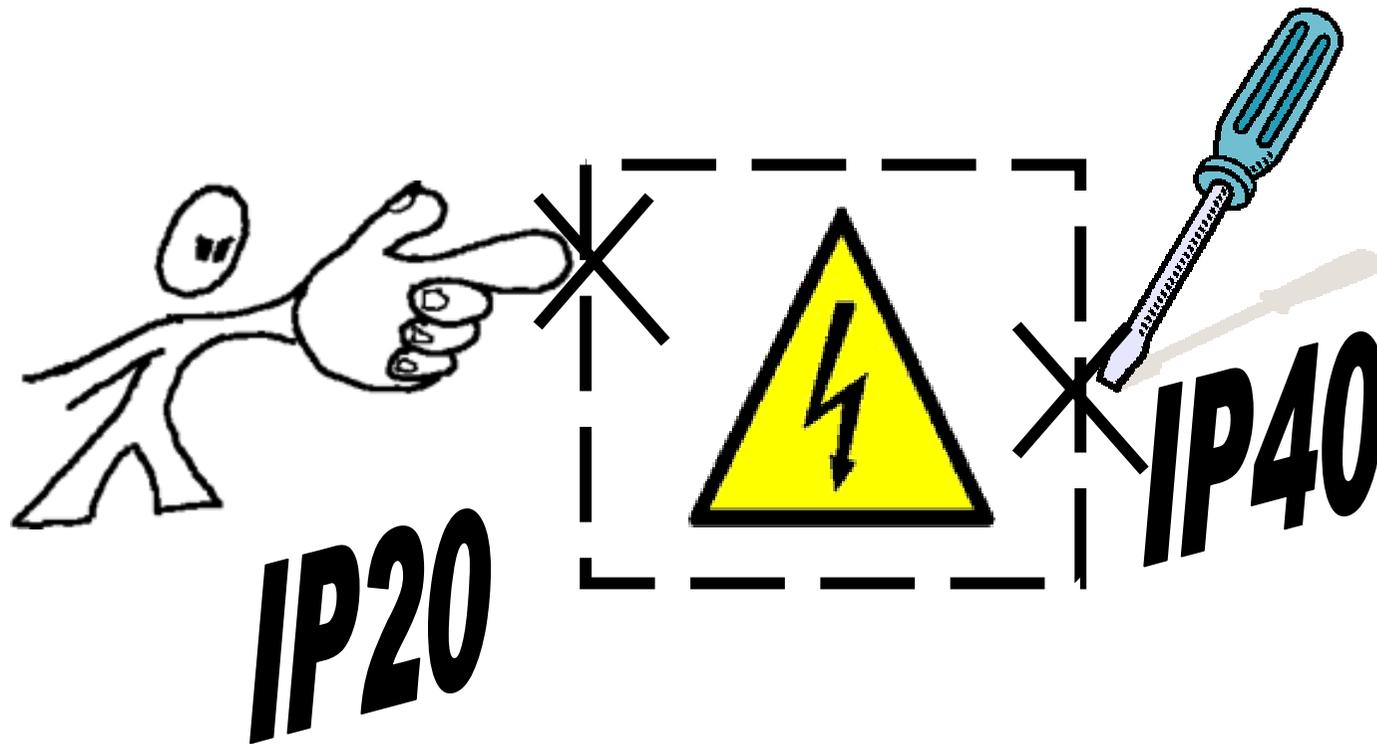
Cadute di gocce
d'acqua da tutte
le direzioni
IP X4



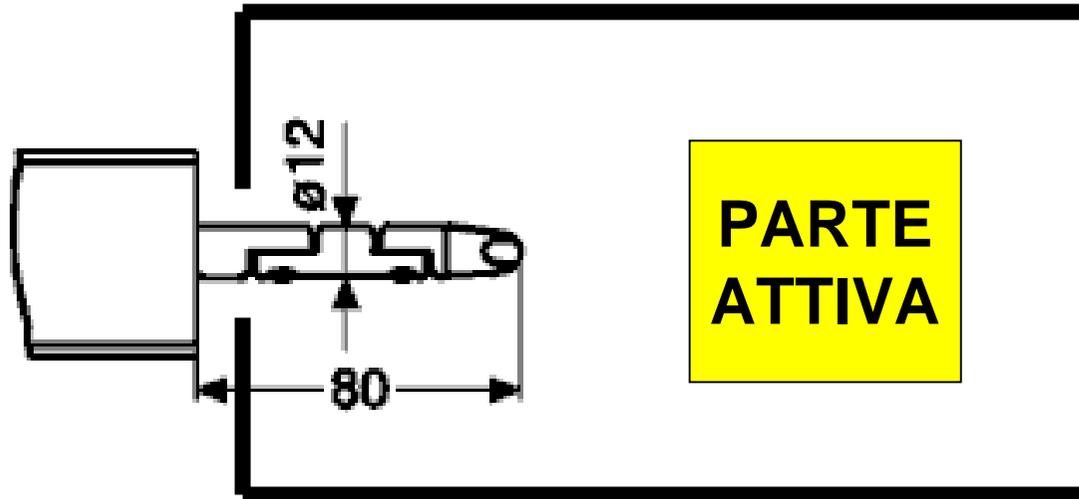
Immersione breve
IP X7



Protezione Delle Persone



Una Precisazione



IPXXB

IP2X = il dito **non entra** nell'involucro

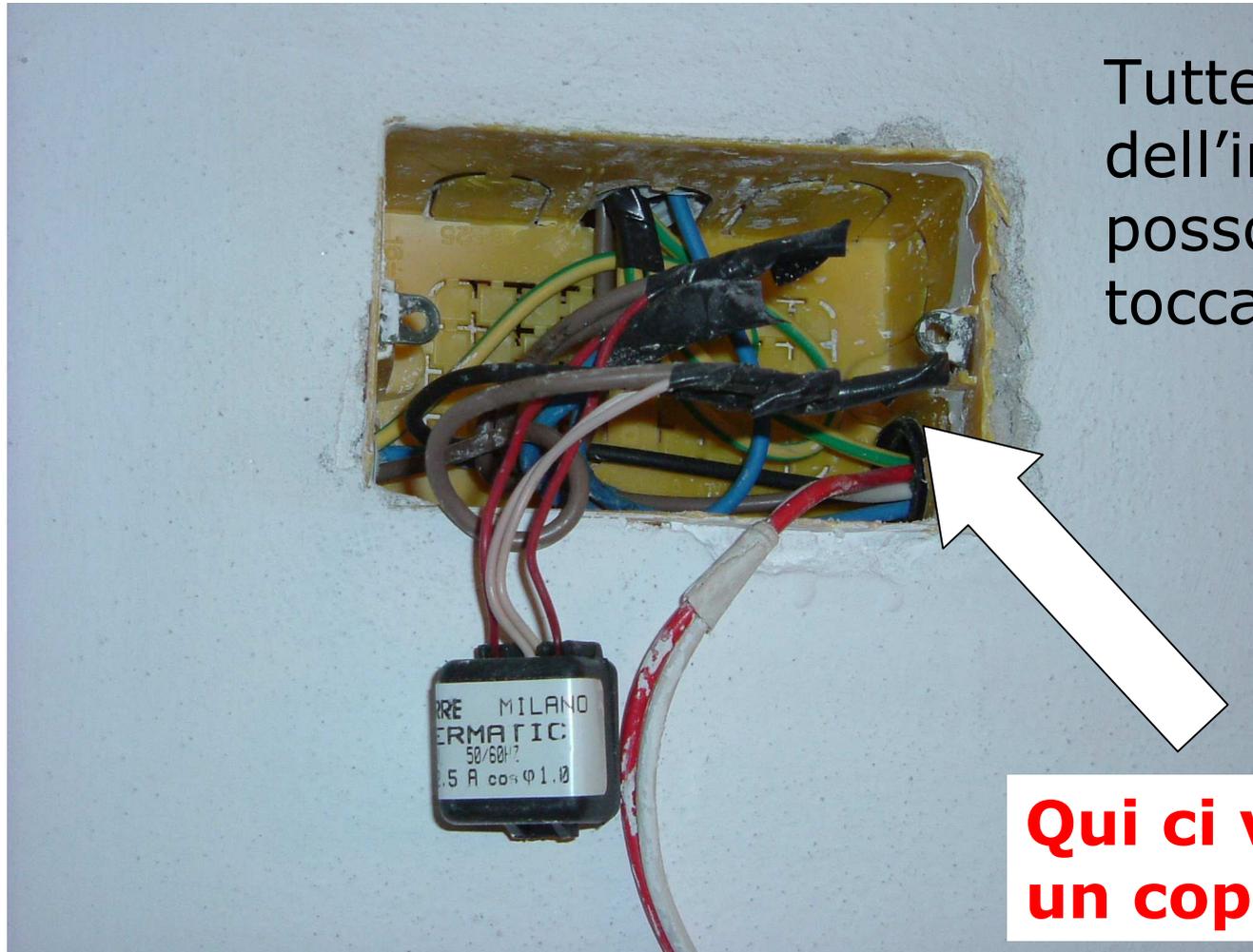
IPXXB = il dito **entra** nell'involucro ma non raggiunge parti attive

IP4X = il calibro da 1 mm **non entra** nell'involucro

IPXXD = il calibro da 1 mm **entra** nell'involucro ma non raggiunge parti attive

Sono Pericolose...

Tutte le parti dell'impianto che possono essere toccate.



**Qui ci vuole
un coperchio!**

Ostacoli

Gli ostacoli devono impedire:

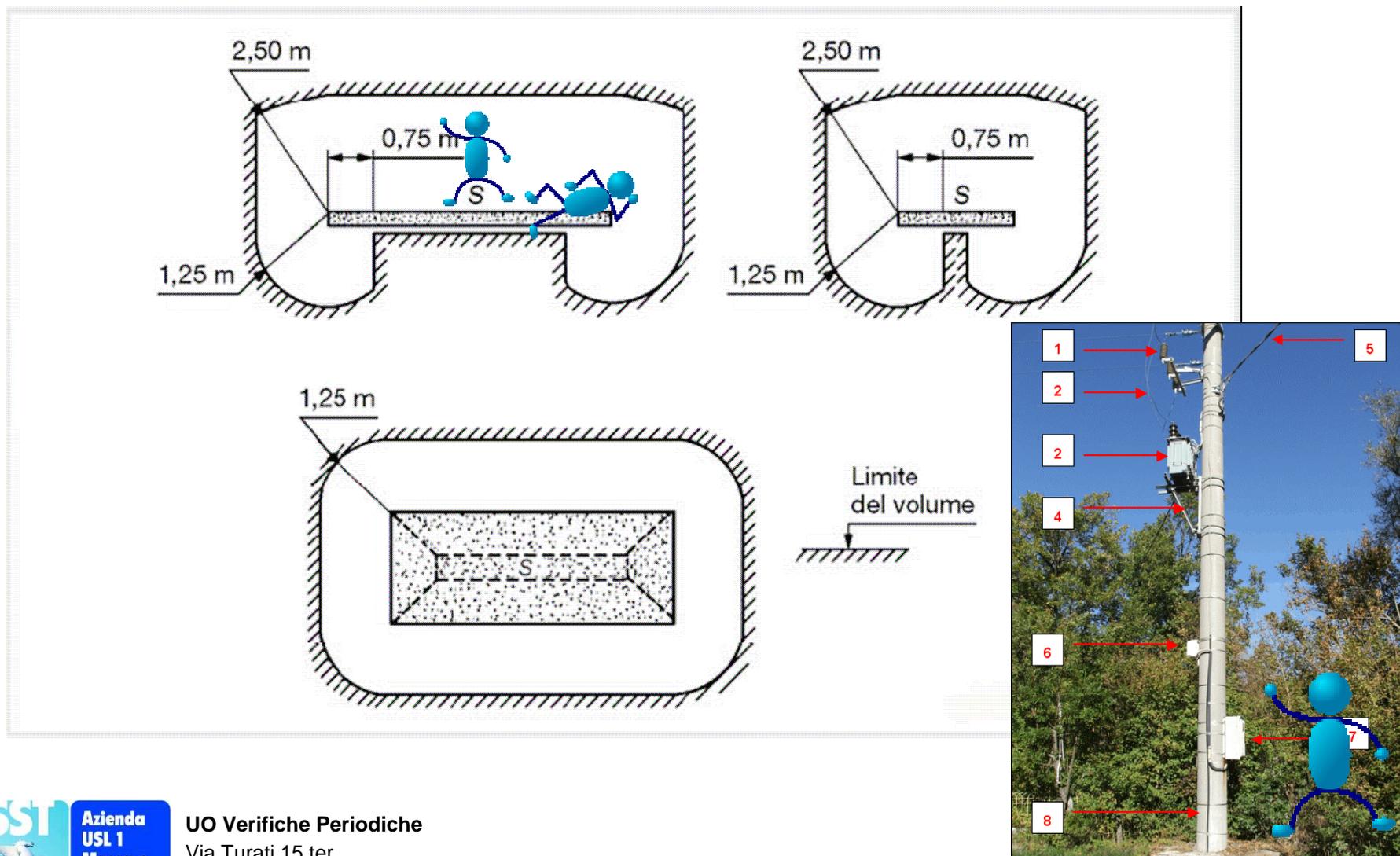
- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive, oppure
- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

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.

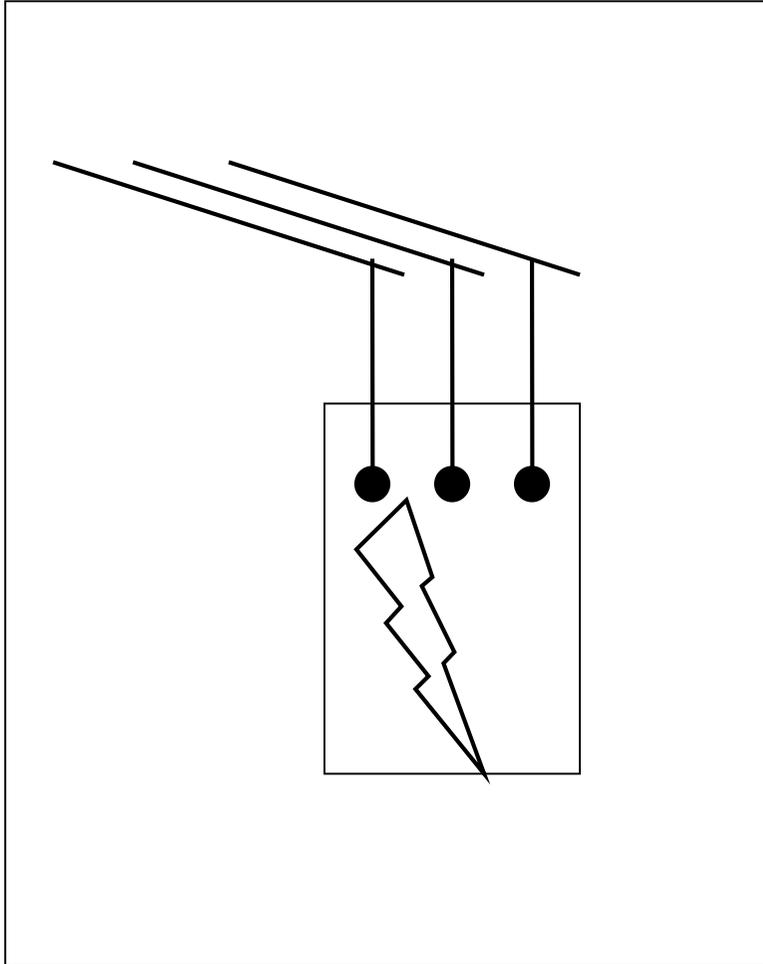


Distanziamento

CEI 64-8/2 art. 23.11 Parti a portata di mano



Massa



- **MASSA:** Parte conduttrice, facente parte dell'impianto elettrico, che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie di isolamento ma che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale (CEI 64-8).
- **MASSA ESTRANEA:** Parte conduttrice, NON facente parte dell'impianto elettrico, in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra (CEI 64-8).

Sistemi Di Protezione

Per proteggere le persone nei confronti dei rischi da contatti indiretti possono essere utilizzate 2 differenti tipologie di protezione:

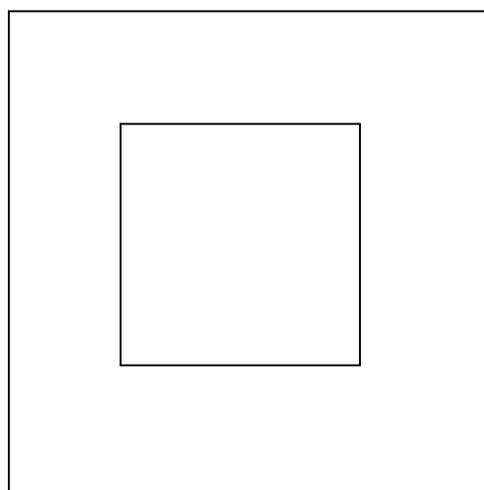
▪ PROTEZIONE ATTIVA

Si installano sistemi in grado di rilevare situazioni di guasto i quali tolgono alimentazione al sistema secondo modalità stabilite.

▪ PROTEZIONE PASSIVA

Si utilizzano componenti costruiti in maniera tale da rendere impossibile il guasto a terra (doppio isolamento).

Protezione Passiva



*Isolamento doppio
o rinforzato*

Apparecchi ed impianti elettrici ad **isolamento doppio (o rinforzato)** risultano sicuri anche in assenza di collegamento a terra.

La sicurezza è data dalle particolari caratteristiche costruttive che garantiscono l'assenza di parti metalliche che possono andare in tensione per effetto di un guasto.

Tali apparecchi sono contraddistinti dal simbolo a fianco.

Protezione Passiva

- Trasformatori di sicurezza
- Batterie ...

Deve essere garantito che anche in caso di guasto la tensione del circuito non superi i valori limite (es. curare l'isolamento tra primario e secondario del trasformatore)



- 411.1.1** La protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti è considerata assicurata quando:
- **la tensione nominale non supera 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;**
 - **l'alimentazione proviene da una delle sorgenti elencate in 411.1.2;**
 - sono soddisfatte ulteriori condizioni

sistemi SELV

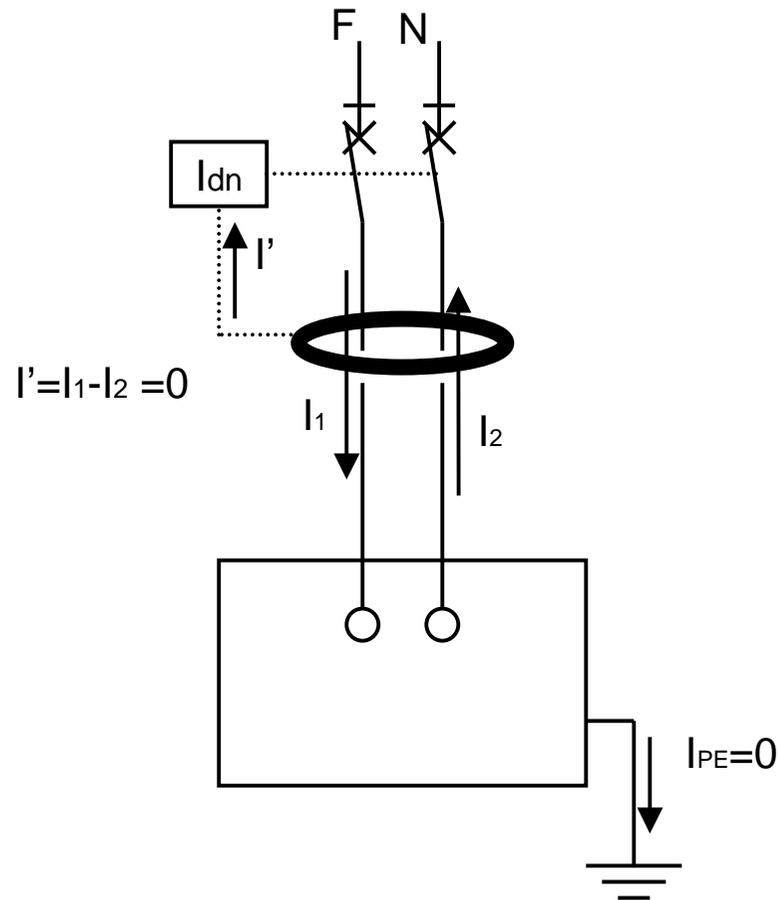
Protezione Attiva

Si basa sulla rilevazione delle condizioni di guasto.
Il sistema utilizzato più frequentemente si basa sulla rilevazione delle correnti che scorrono nell'impianto.
In presenza di correnti anomale (di entità superiore ad un certo valore) viene interrotta automaticamente l'alimentazione mediante l'apertura di un interruttore.

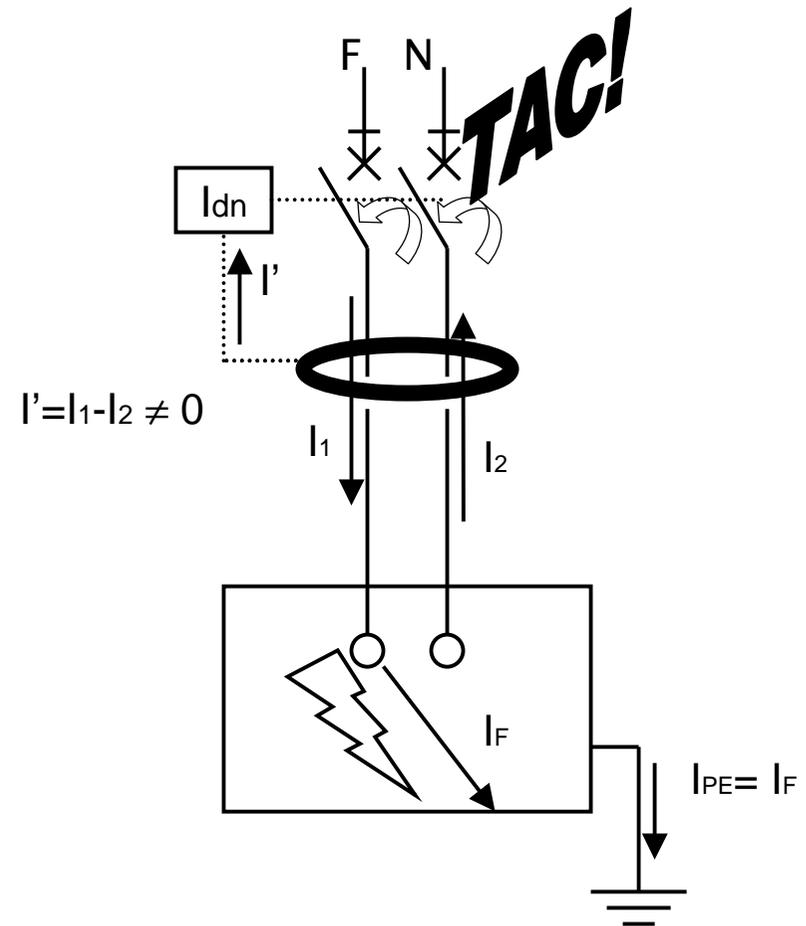
Principio Di Funzionamento



L'Interruttore Differenziale



In **assenza di guasto** $I_1 = I_2$ e il flusso di corrente attraverso il toroide è 0



In **presenza di guasto** $I_1 \neq I_2$; il flusso di corrente attraverso il toroide è pari a I_F . Se $I_F > I_{dn}$ l'interruttore si apre.