FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

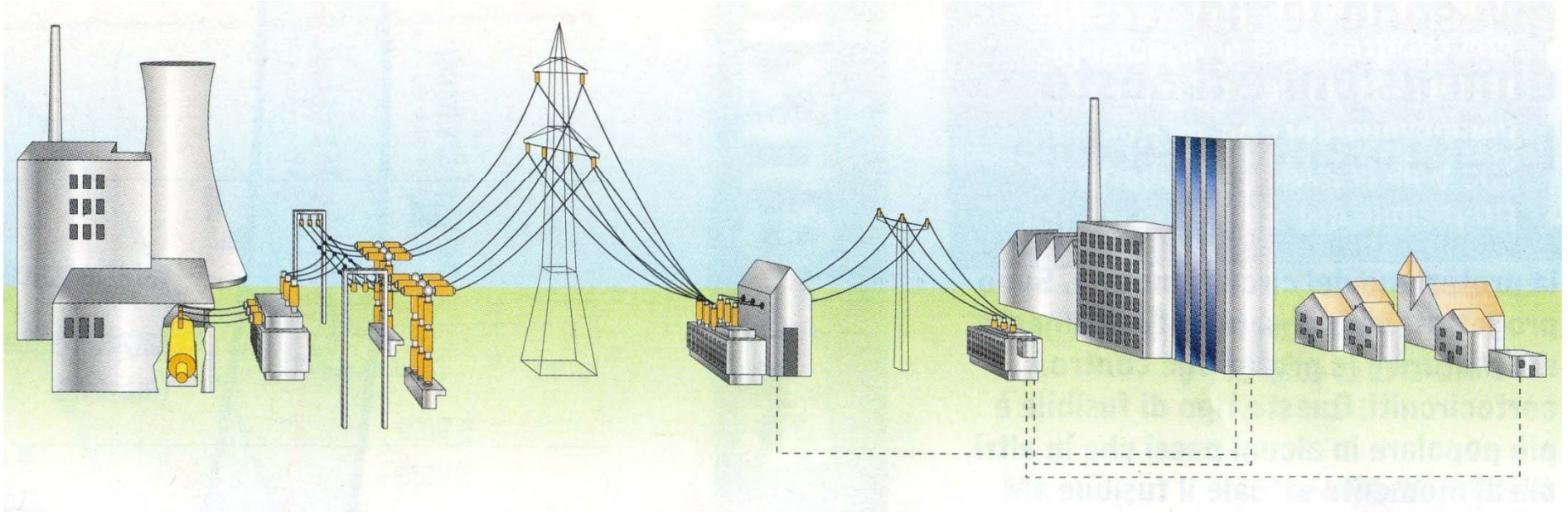
SISTEMI DI DISTRIBUZIONE IN BT

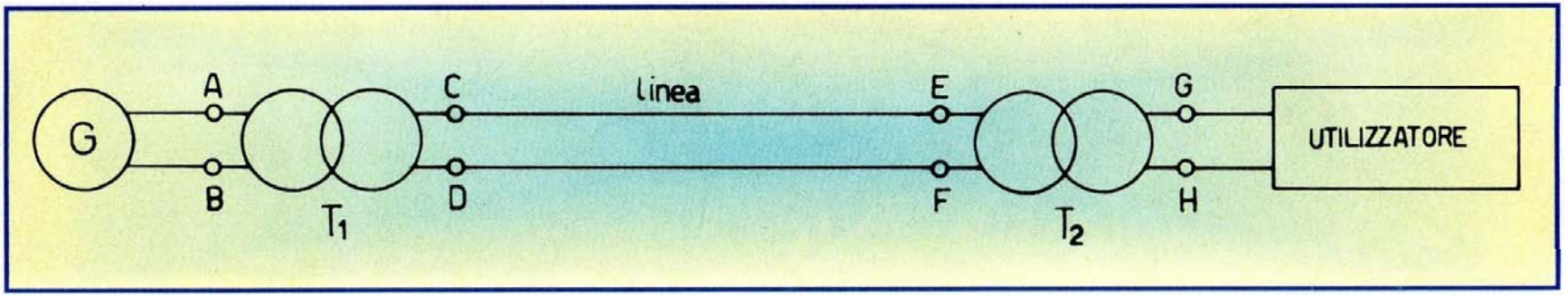
E

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI ACCIDENTALI

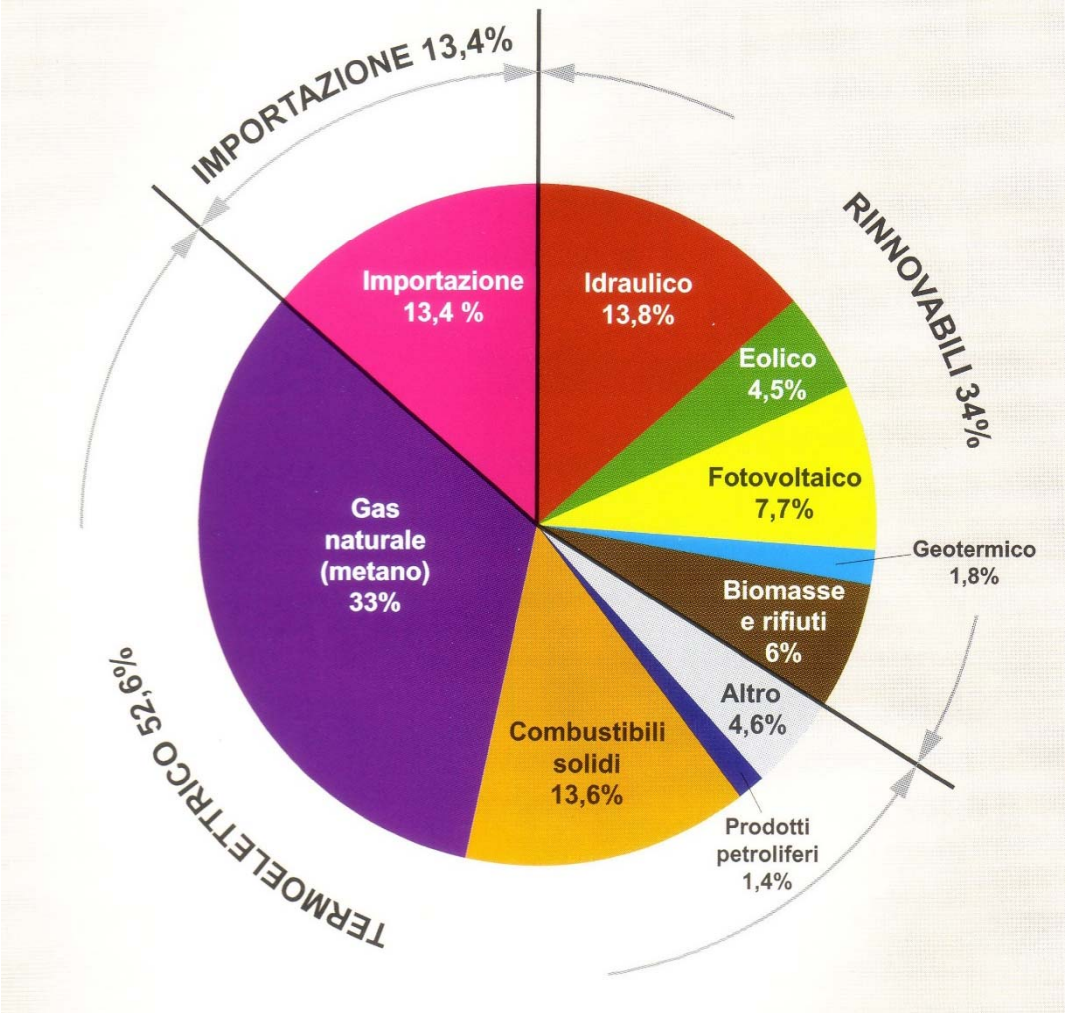
webinar 07/05/2021

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA



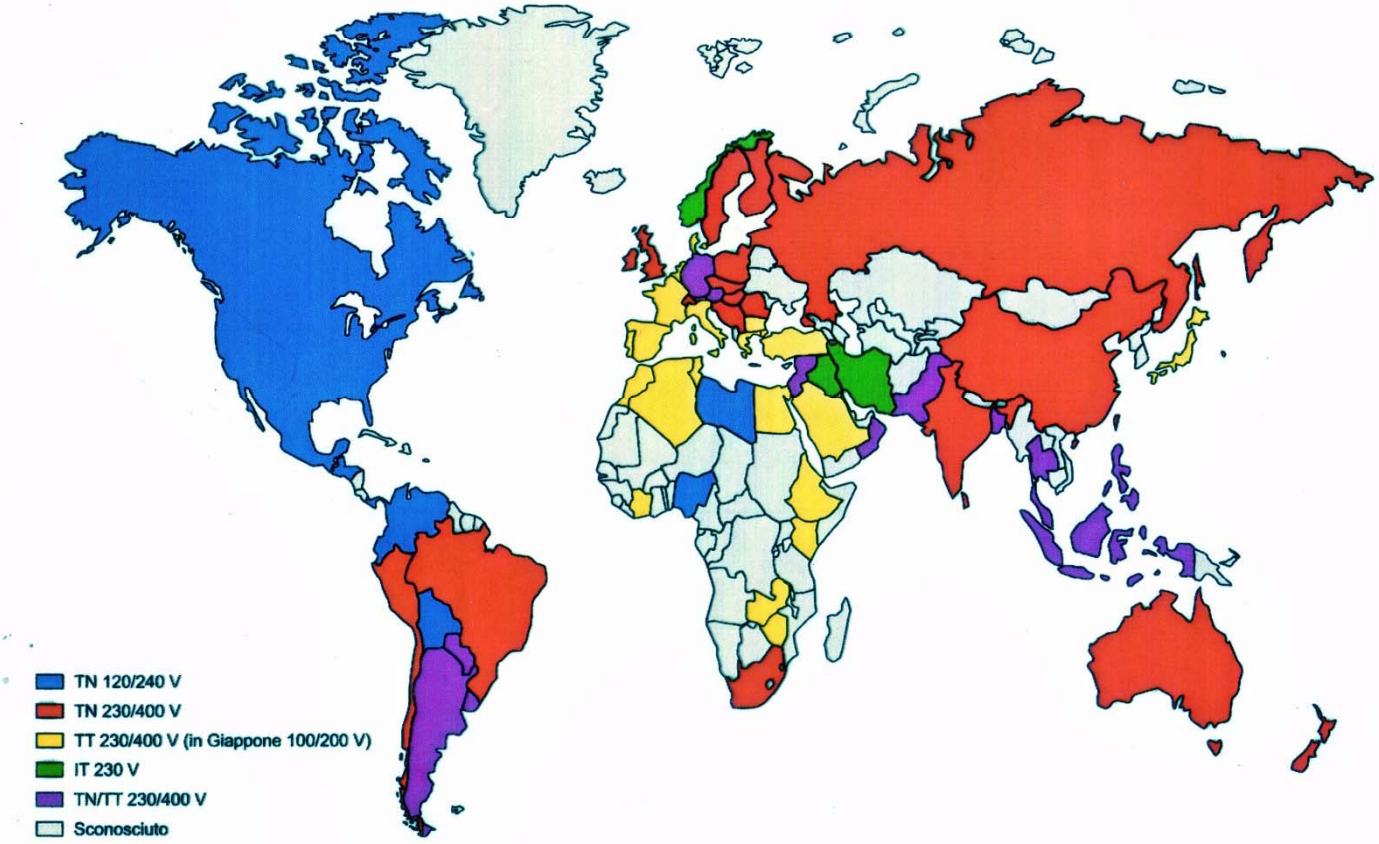


FONTI PRIMARIE DI ENERGIA E FABBISOGNO NAZIONALE



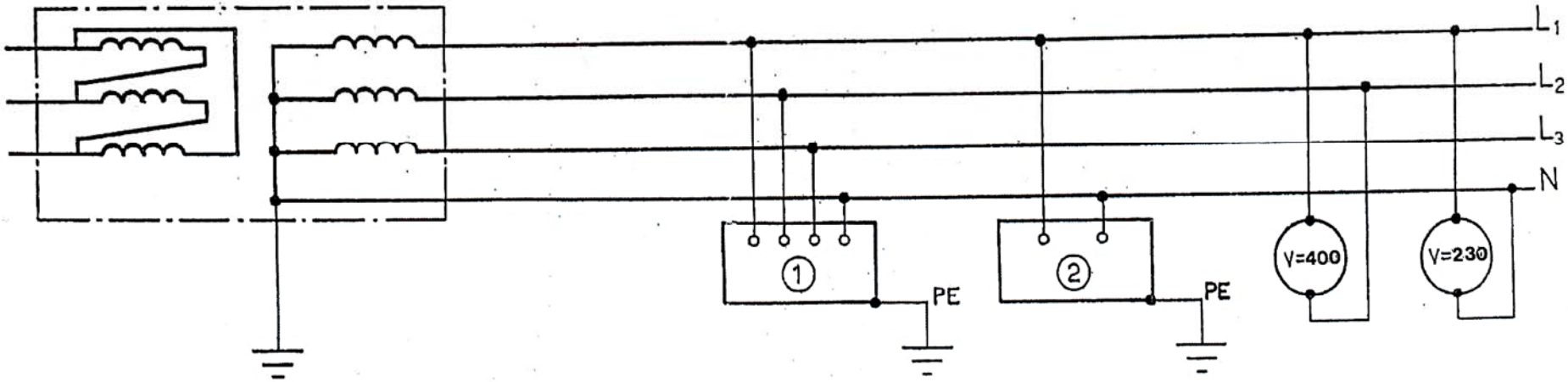
ELETTRO-MAPPA-MONDO

(sistemi di distribuzione pubblica in bassa tensione)

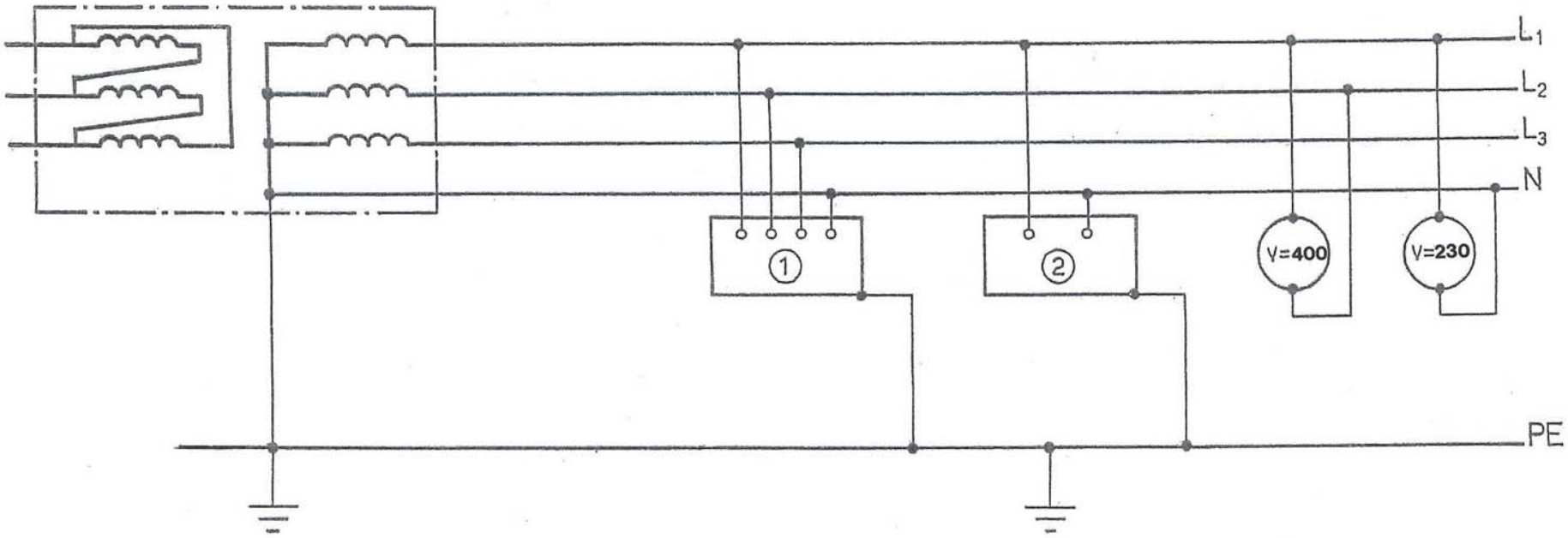


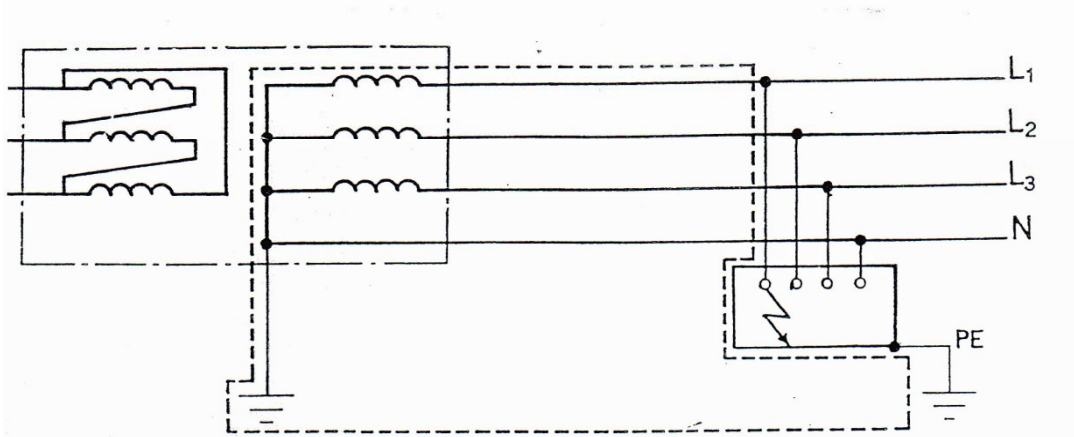
Le tensioni 230/400 V sono unificate dalla IEC. Molti paesi, tra cui l'Italia, utilizzano ancora 220/380 V.

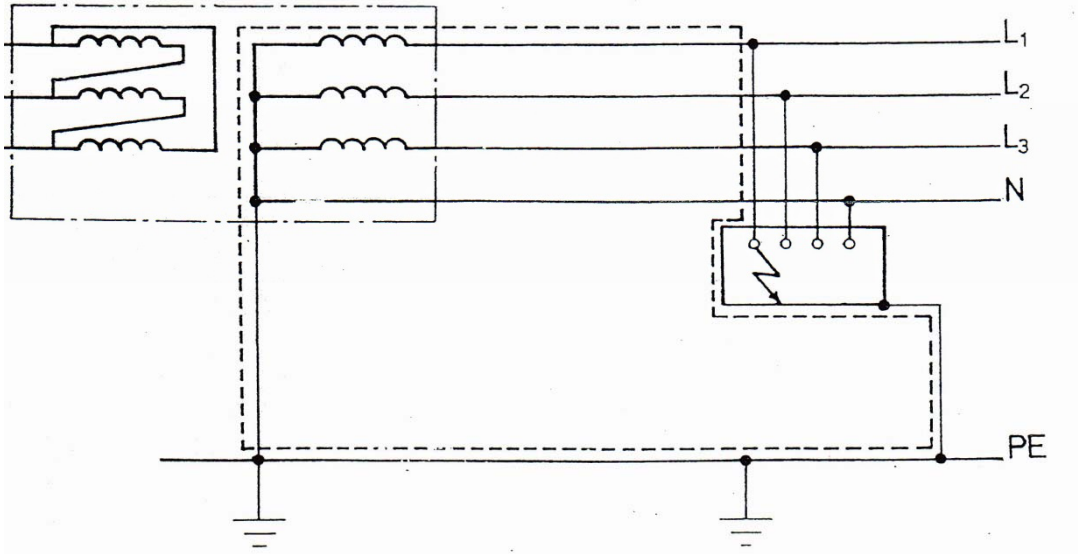
SISTEMA TT



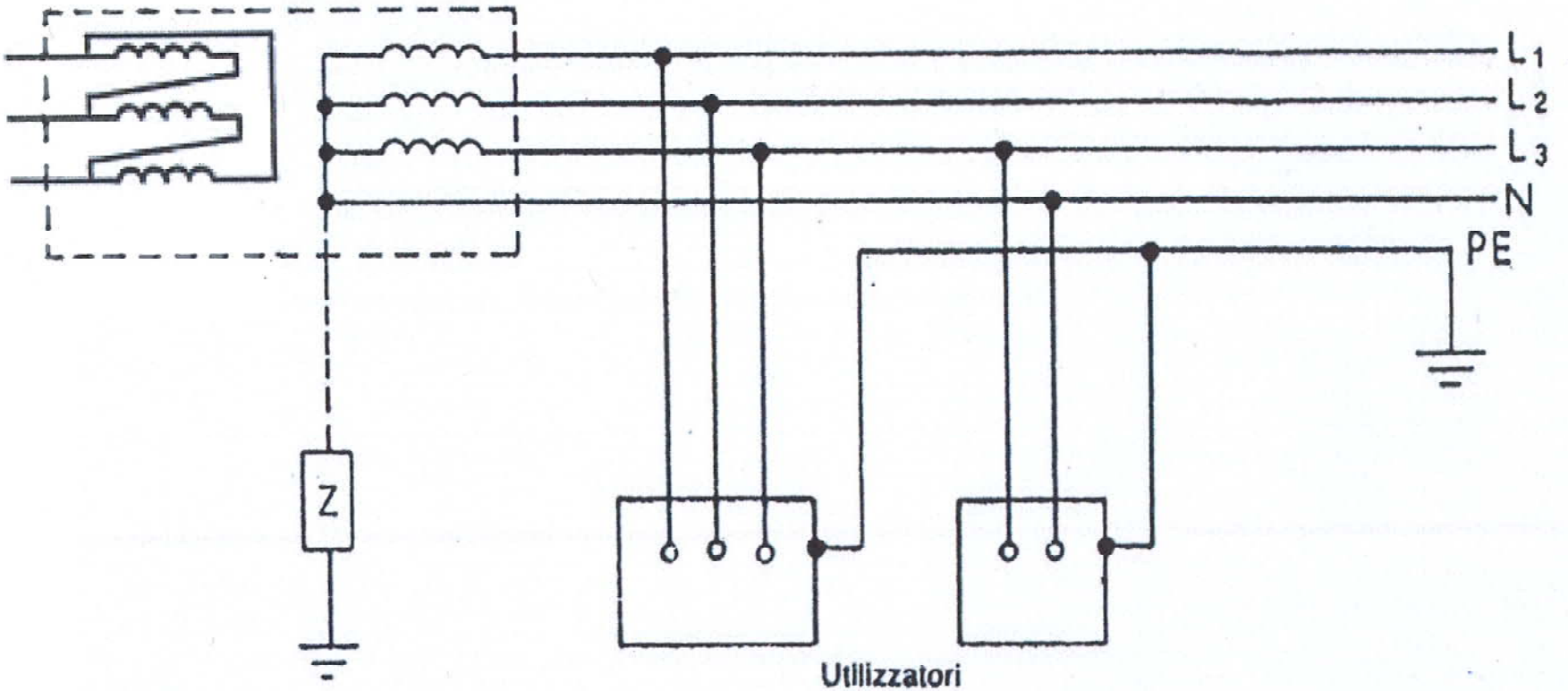
SISTEMA TN-S




L1
L2
L3
N
PE

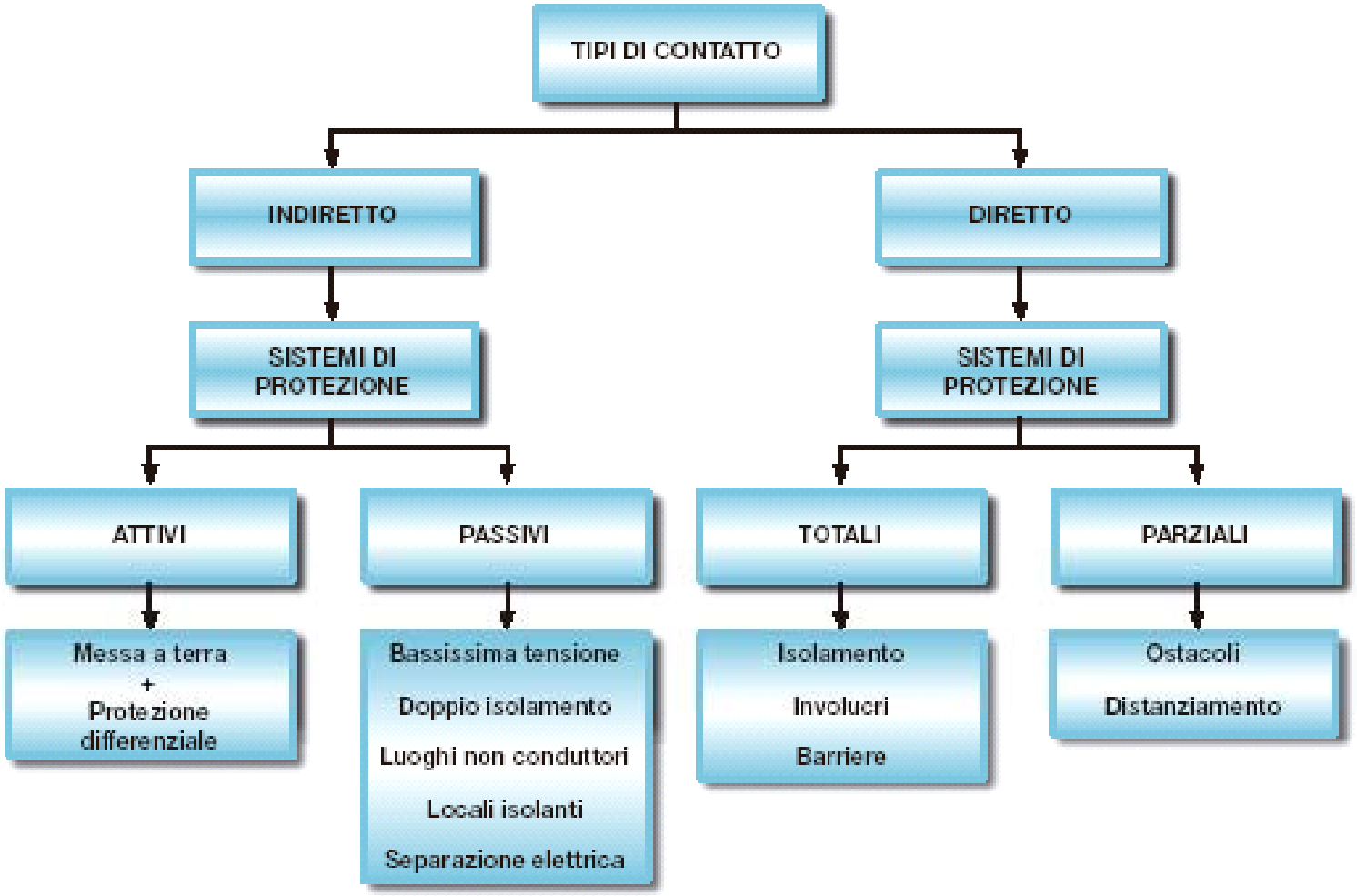

L1
L2
L3
N
PE

SISTEMA IT



Sistema IT.

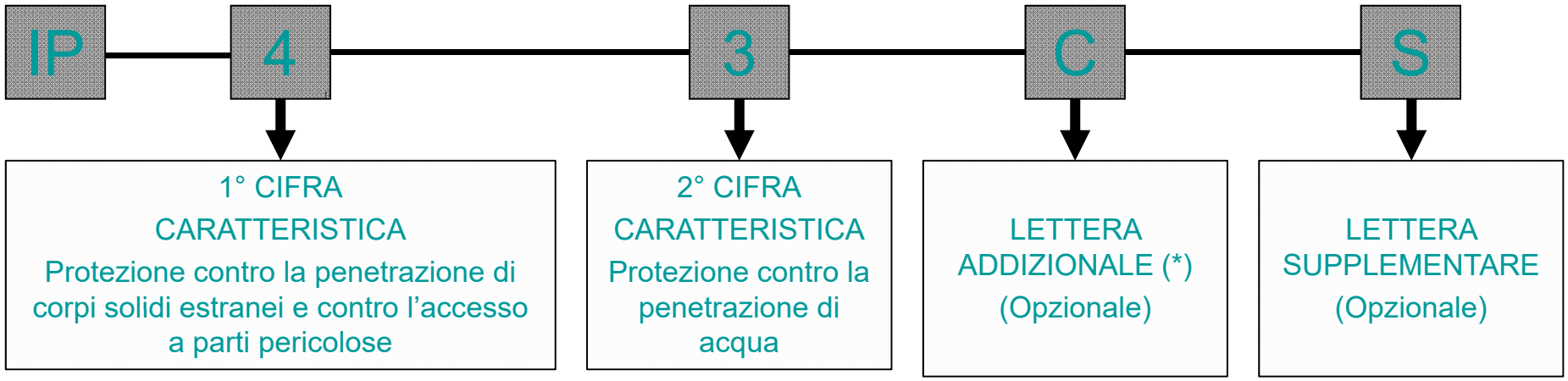
Protezione contro i contatti accidentali



Protezione contro i contatti diretti

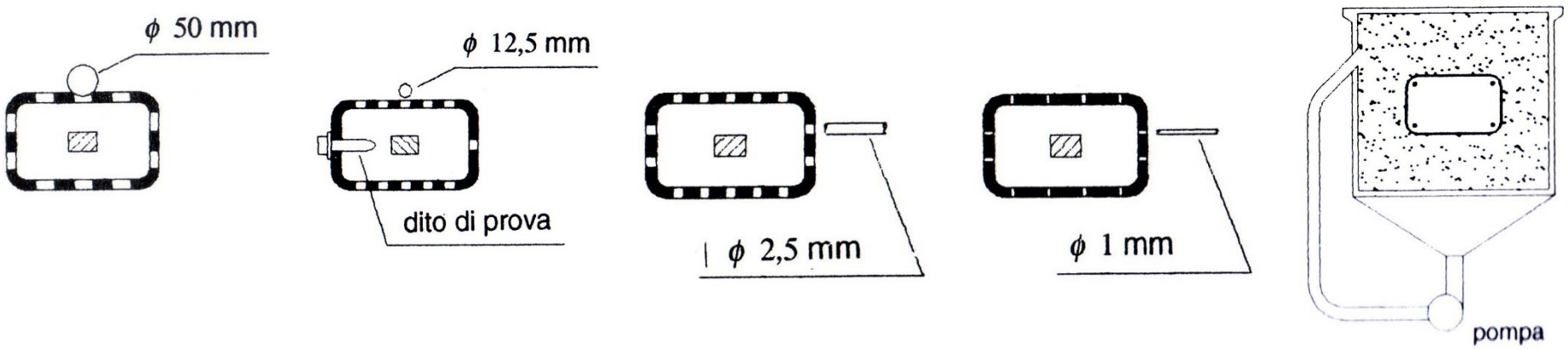
Gradi di protezione degli involucri secondo CEI EN 60529

Esempio:



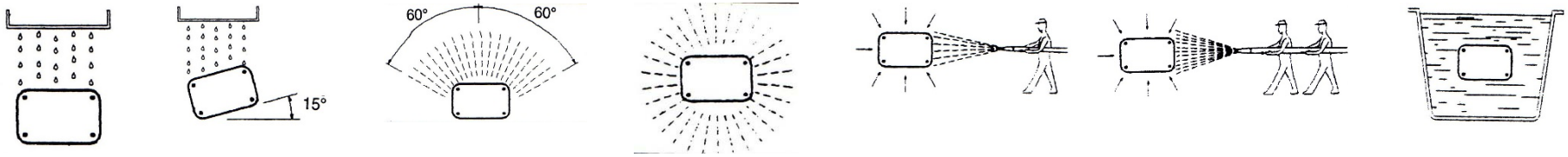
Protezione contro la penetrazione dei corpi solidi

1 2 3 4 5 6



Protezione contro la penetrazione dei corpi liquidi

1	2	3	4	5	6	7	8



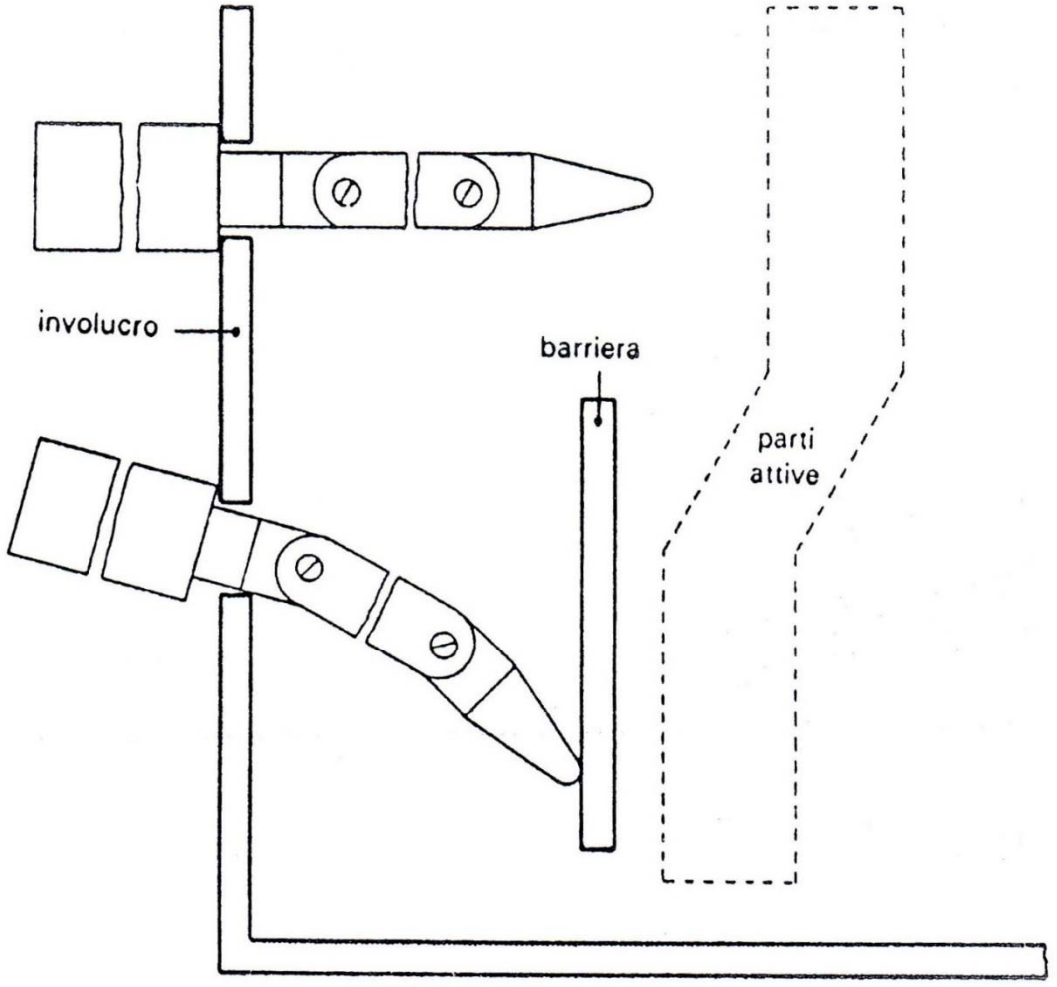
Lettere addizionali

A	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
B	Protetto contro l'accesso con un dito
C	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
D	Protetto contro l'accesso con un filo

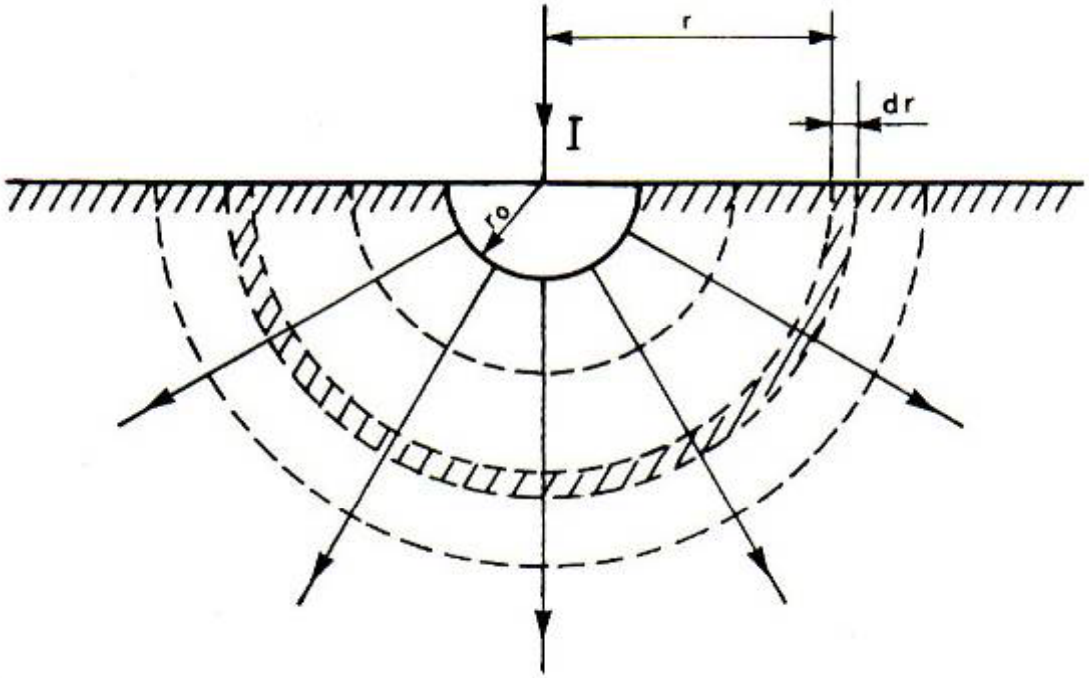
Lettere supplementari

H	Apparecchiatura ad alta tensione
M	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con l'apparecchiatura in moto
S	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso di acqua con l'apparecchiatura non in moto
W	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate

Le parti attive devono essere poste dentro involucri o dietro barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXB

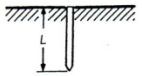
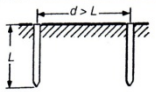
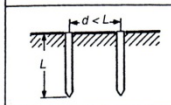
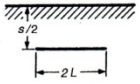
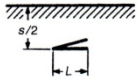
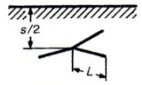
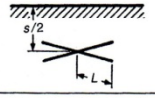
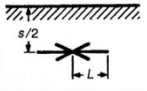
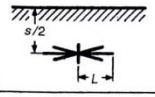
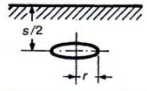
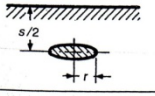
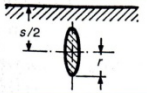


IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO



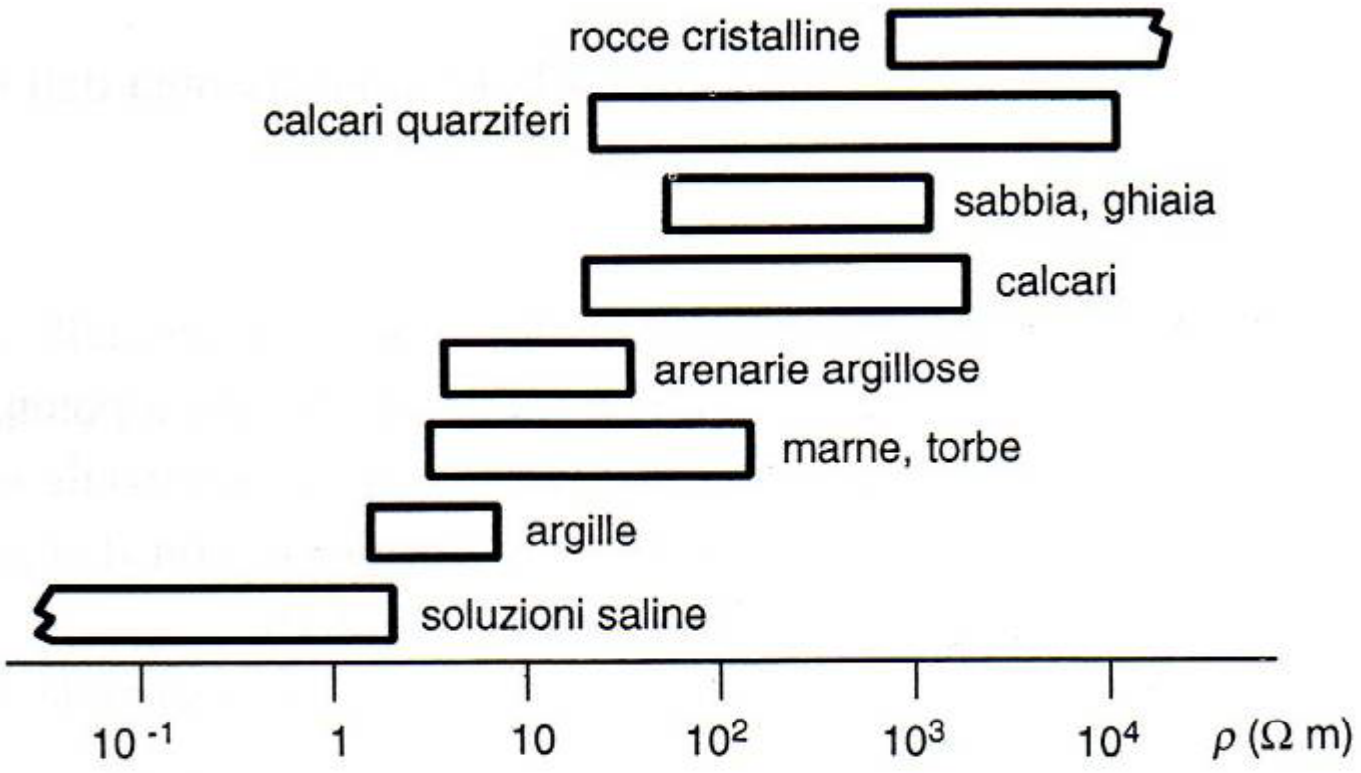
IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO

Resistenza di terra di alcuni dispersori

Tipo di dispersore		*Resistenza di terra**
	Picchetto verticale; lunghezza L, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right)$
	Due picchetti verticali; lunghezza L, distanti d $(d > L)$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} - 1\right) + \frac{\rho}{4\pi d}\left(1 - \frac{L^2}{3d^2} + \frac{2L^4}{5d^4}\cdots\right)$
	Due picchetti verticali; lunghezza L, distanti d $(d < L)$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{d} - 2 + \frac{d}{2L} - \frac{d^2}{16L^2} + \frac{d^4}{512L^4}\cdots\right)$
	Dispersore lineare; lunghezza $2L$, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4}\cdots\right)$
	Dispersore angolare; lunghezza del braccio L, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} - 0{,}2373 + 0{,}2146\frac{s}{L} + 0{,}1035\frac{s^2}{L^2}\cdots\right)$
	Stella a tre punte, lunghezza del braccio L, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{6\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 1{,}071 - 0{,}209\frac{s}{L} + 0{,}238\frac{s^2}{L^2}\cdots\right)$
	Stella a quattro punte; lunghezza del braccio L, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{8\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 2{,}912 - 1{,}071\frac{s}{L} + 0{,}645\frac{s^2}{L^2}\cdots\right)$
	Stella a sei punte; lunghezza del braccio L, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{12\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 6{,}851 - 3{,}128\frac{s}{L} + 1{,}758\frac{s^2}{L^2}\cdots\right)$
	Stella a otto punte; lunghezza del braccio L, profondità $s/2$, raggio a.	$R_T = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a} + \ln\frac{2L}{s} + 10{,}98 - 5{,}51\frac{s}{L} + 3{,}26\frac{s^2}{L^2}\cdots\right)$
	Dispersore ad anello; raggio r, profondità $s/2$, raggio del conduttore a.	$R_T = \frac{\rho}{4\pi^2 r}\left(\ln\frac{8r}{a} + \ln\frac{8r}{s}\right)$
	Piastra rotonda orizzontale; profondità $s/2$, raggio della piastra r.	$R_T = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 - \frac{7}{12}\frac{r^2}{s^2} + \frac{33}{40}\frac{r^4}{s^2}\cdots\right)$
	Piastra rotonda verticale; profondità $s/2$, raggio della piastra r.	$R_T = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s}\left(1 + \frac{7}{24}\frac{r^2}{s^2} + \frac{99}{320}\frac{r^4}{s^2}\cdots\right)$

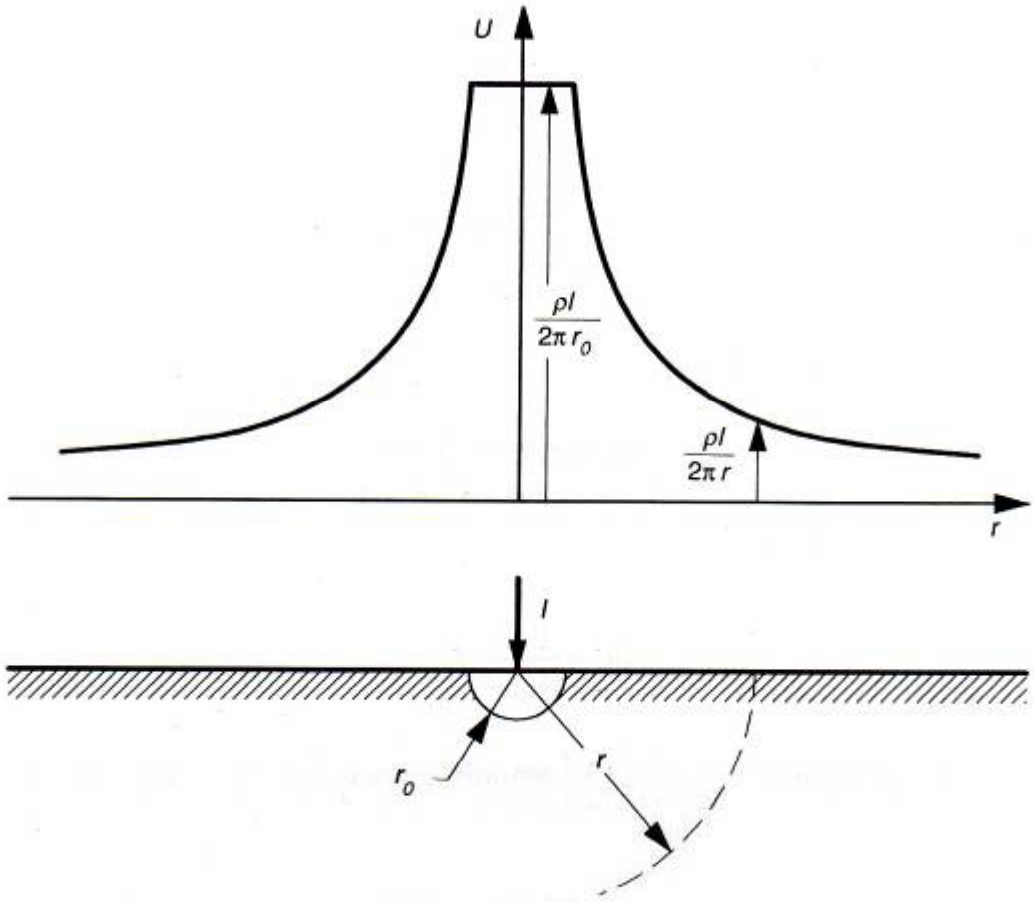
* La resistività ρ è espressa in ohm per centimetro, le dimensioni in centimetri e la resistenza in ohm

IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO

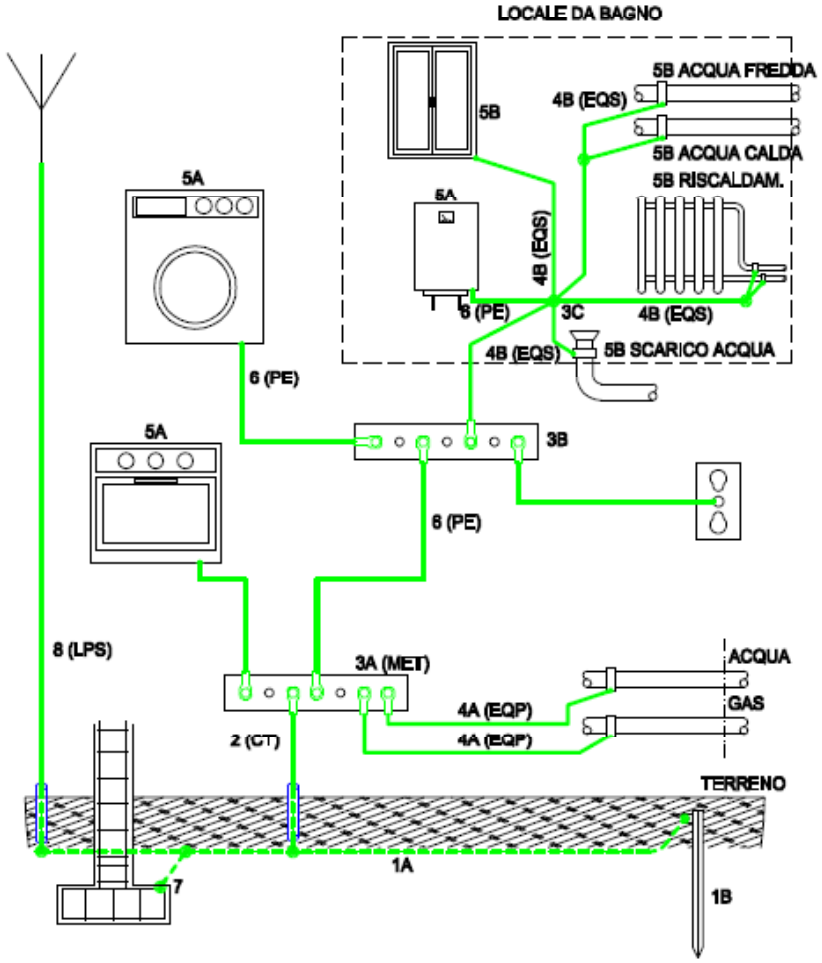


Resistività di alcune tipologie di terreno

IL TERRENO COME CONDUTTORE ELETTRICO



Andamento del potenziale nel terreno percorso da corrente



LEGENDA

1A - Dispersore orizzontale (intenzionale)
1B - Dispersore verticale (intenzionale)
2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva)
3A - Collettore (o nodo) principale di terra MET
3B - Nodo di terra
3C - Nodo equipotenziale

4A - Collegamento equipotenziale principale EQP
4B - Collegamento equipotenziale supplementare EQS
5A - Massa
5B - Massa estranea se < 1.0 kΩ
6 - Conduttore di protezione PE
7 - Collegamento ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato (dispersore di fatto)
8 - LPS Sistema di protezione contro il pericolo di fulminazione diretta (quando presente)

Esempio di collegamenti di un impianto di terra

Dispersore verticale

Profilato, tubo o asta metallica infisso nel terreno

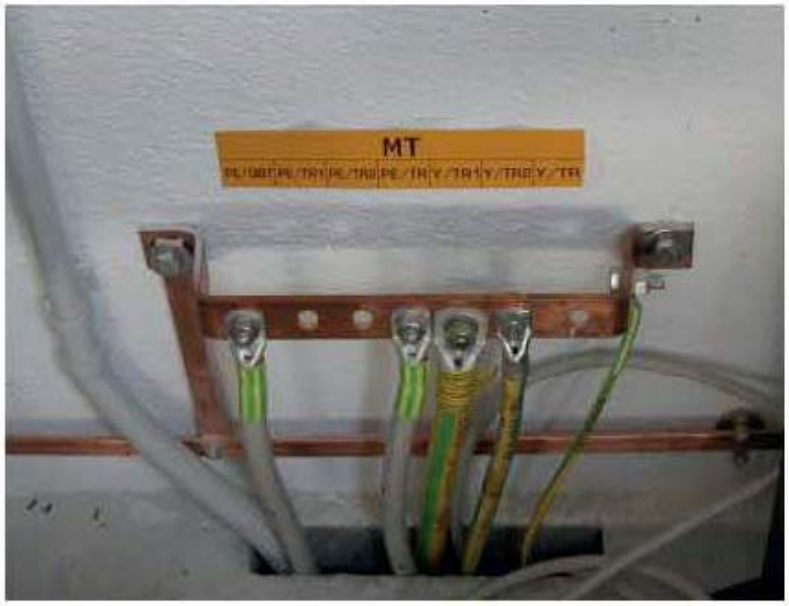
Dispersore orizzontale

Conduttore interrato costituito da nastro, tondino o a corda che può essere disposto in modo radiale, ad anello, a maglia o da una loro combinazione

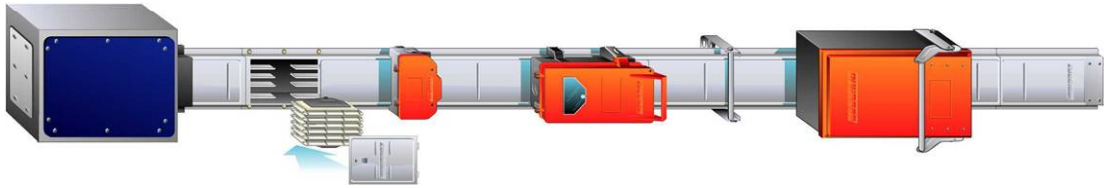
Collettore (o nodo) principale di terra (MET)

Elemento (barra o morsettiera) a cui si collegano il conduttore di terra, i conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali, nonché i conduttori per la terra funzionale, se esistente.

Nota: MET (Main Earth Therminal)



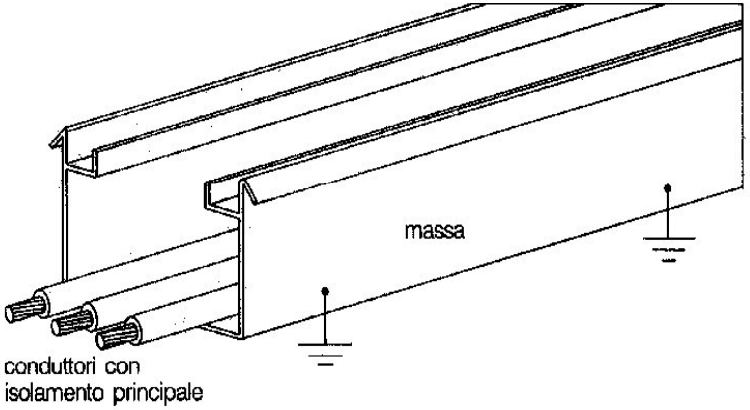
Massa e massa estranea



MASSA (CEI 64-8 art. 23.2)

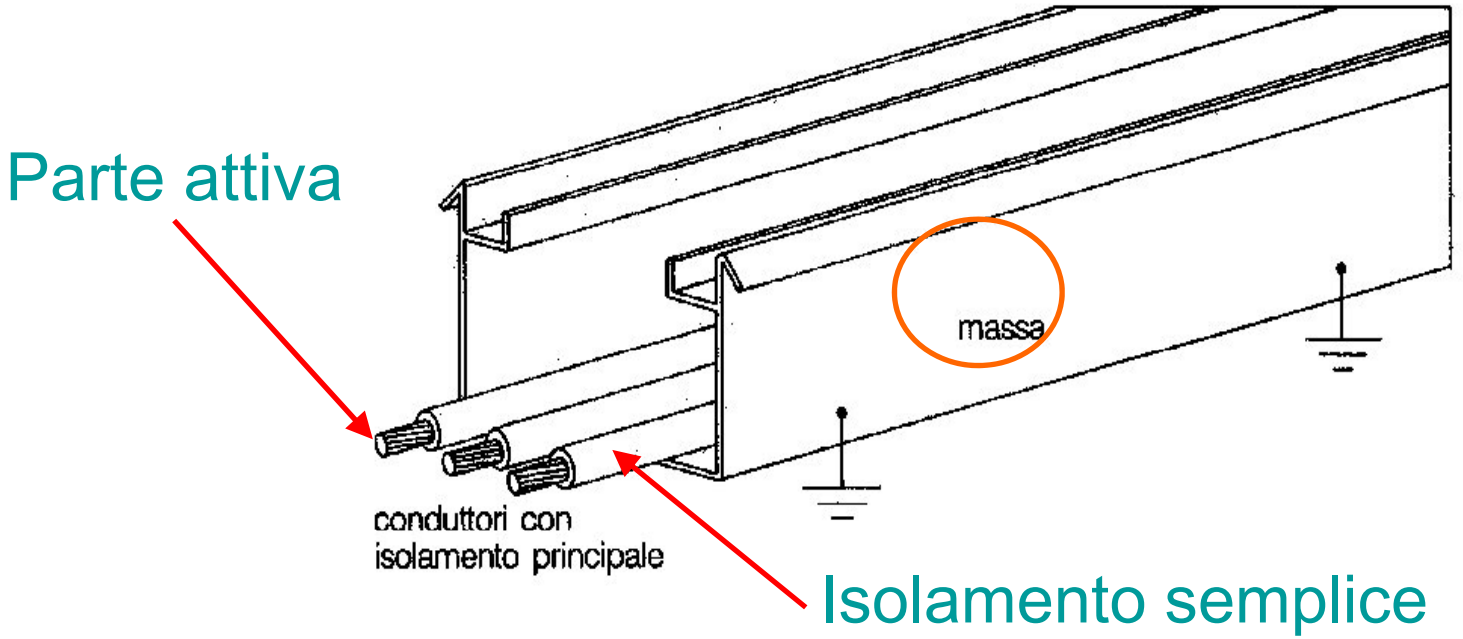
Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto.

Nota: una parte conduttrice che può andare in tensione perché in contatto con una massa non è da considerare massa



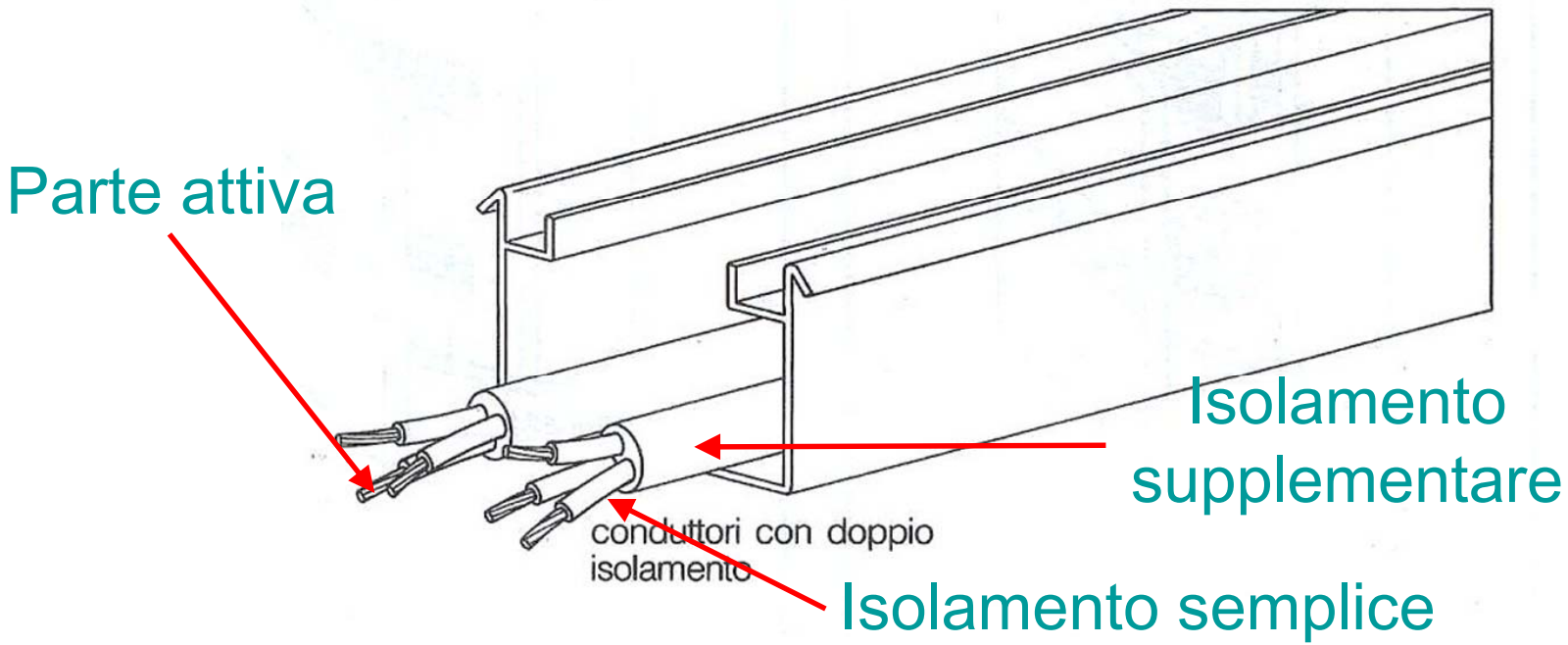
Massa e massa estranea

Una canalina che contiene conduttori dotati del solo isolamento principale deve essere considerata massa



Massa e massa estranea

Una canalina che contiene cavi dotati di doppio isolamento (cavi con guaina) non è da considerare massa.



Massa e massa estranea

ATTENZIONE!

Un elemento conduttore a contatto con una massa non è da considerarsi massa

Esempi:

- un tavolino metallico che sorregge un motore non è da considerare massa (il motore invece è una massa)
- una porta metallica alla quale è ancorata una serratura elettrica non è da considerare massa (l'involucro della serratura invece è massa)

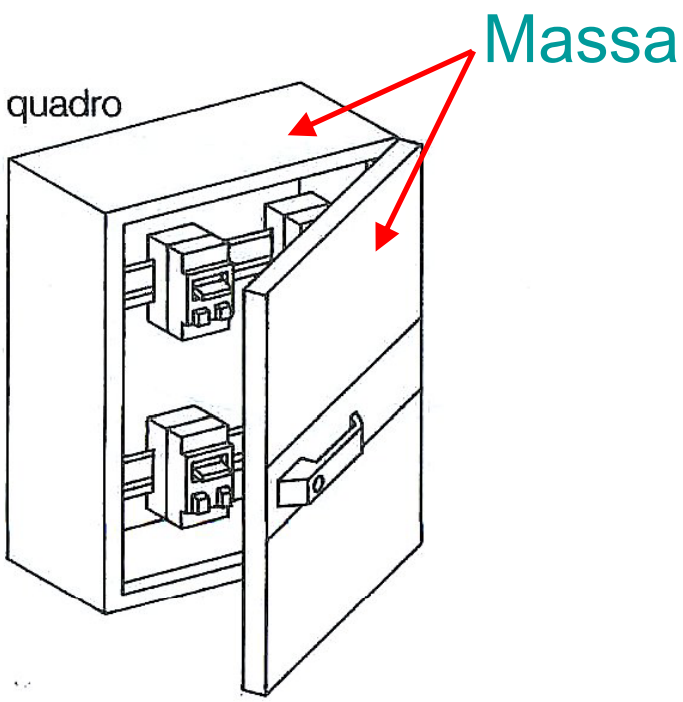


Figura 1

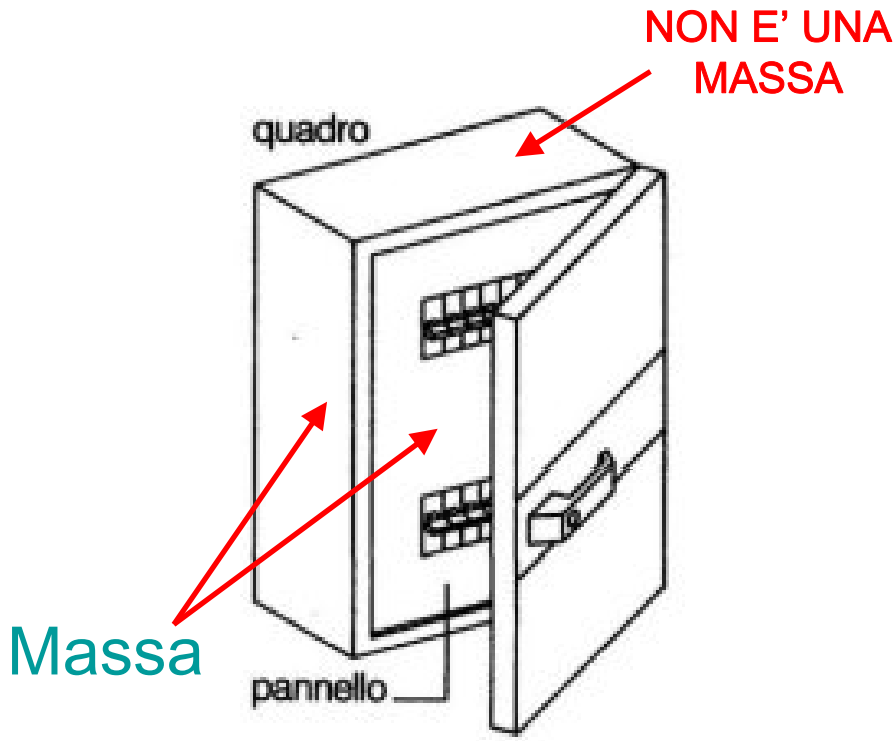
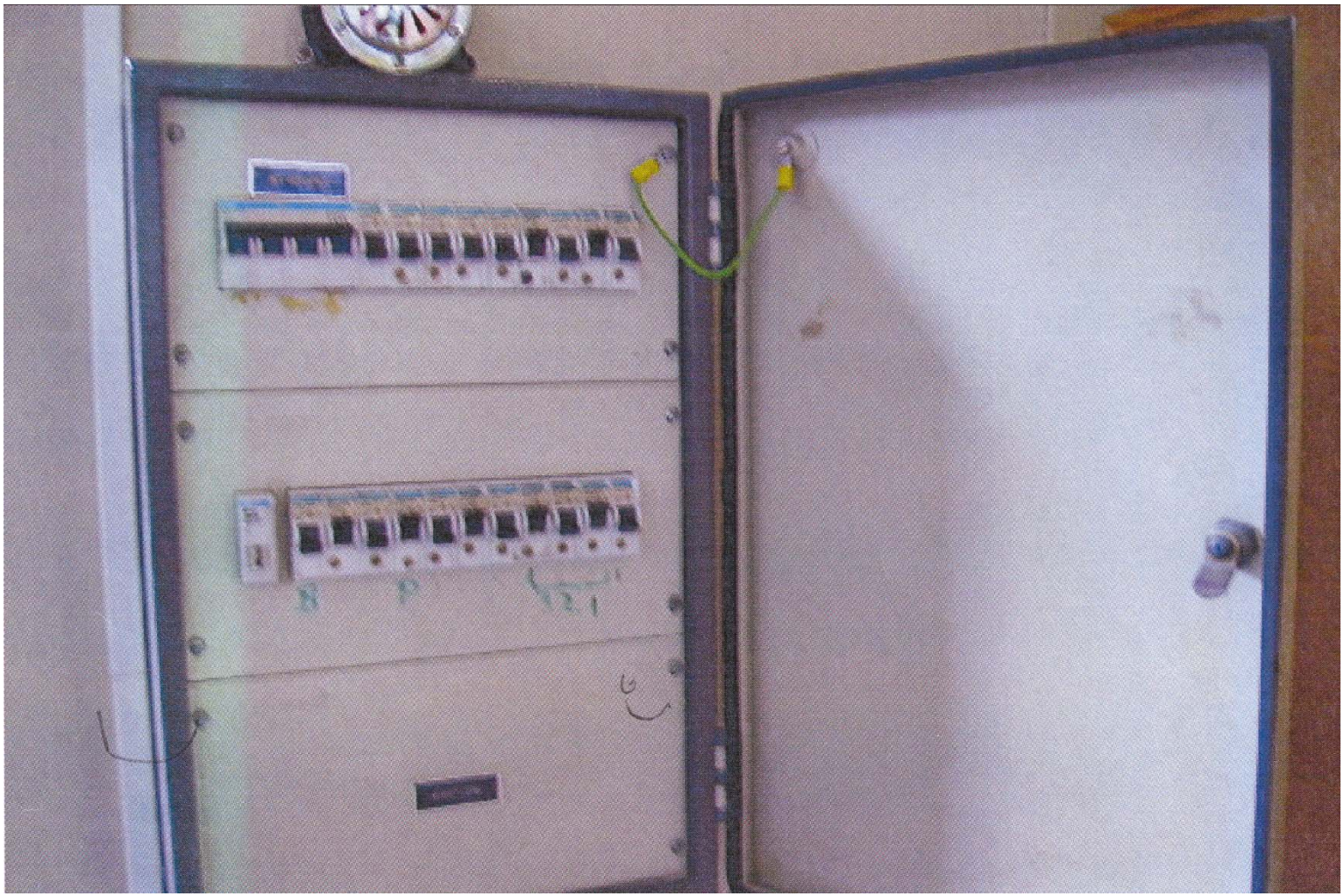


Figura 2

Figura 1 - I componenti elettrici sono racchiusi in un involucro metallico "massa" che comprende anche lo sportello.

Figura 2 - I componenti elettrici sono racchiusi all'interno dell'involucro metallico chiuso anteriormente da un pannello metallico.
Lo sportello è solo una parte metallica a contatto con una massa. La massa è costituita solo dall'involucro e dal pannello anteriore.

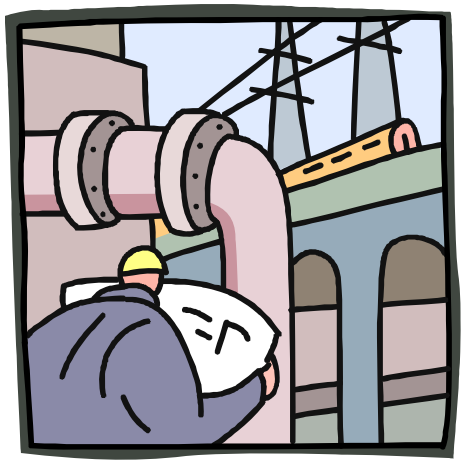
Massa e massa estranea



Massa e massa estranea

Masse estranee elencate dalla norma CEI 64-8 all'art. 413.1.2.1

- tubi alimentanti i servizi dell'edificio (acqua e gas)
- parti strutturali metalliche dell'edificio e le canalizzazioni dell'impianto di riscaldamento centrale o del condizionamento d'aria
- armature del cemento armato utilizzate nella costruzione degli edifici (se praticamente possibile)



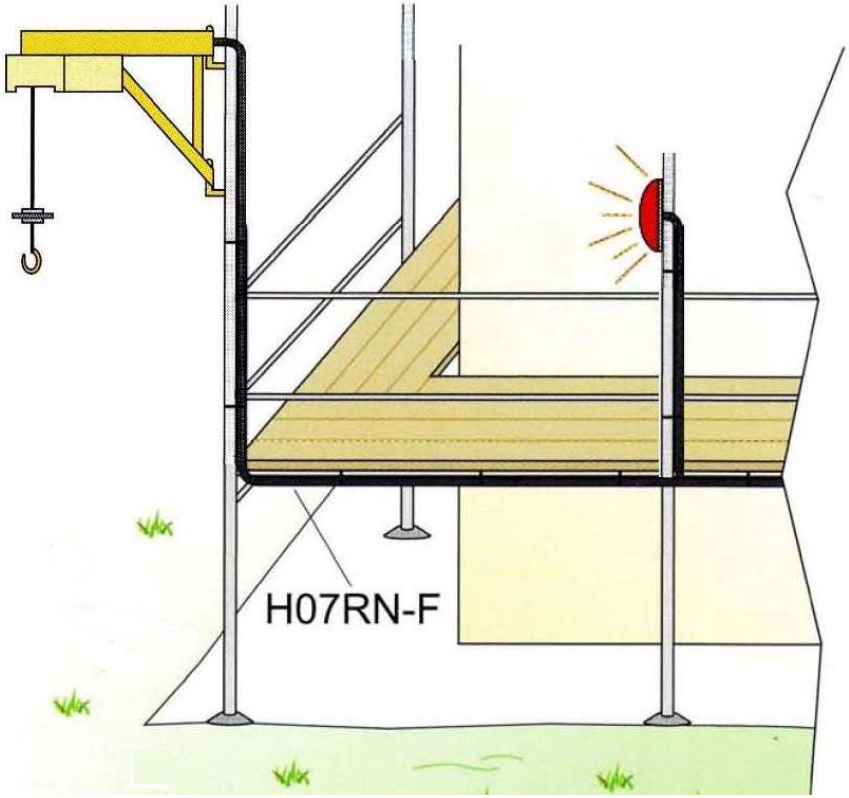
Massa e massa estranea

Sono da considerare masse estranee le parti metalliche non facenti parte dell'impianto elettrico che presentano verso terra un valore di resistenza inferiore a:

- **1000 Ω** **negli ambienti ordinari** (nei quali si ammette una tensione di contatto massima non superiore a 50 V);

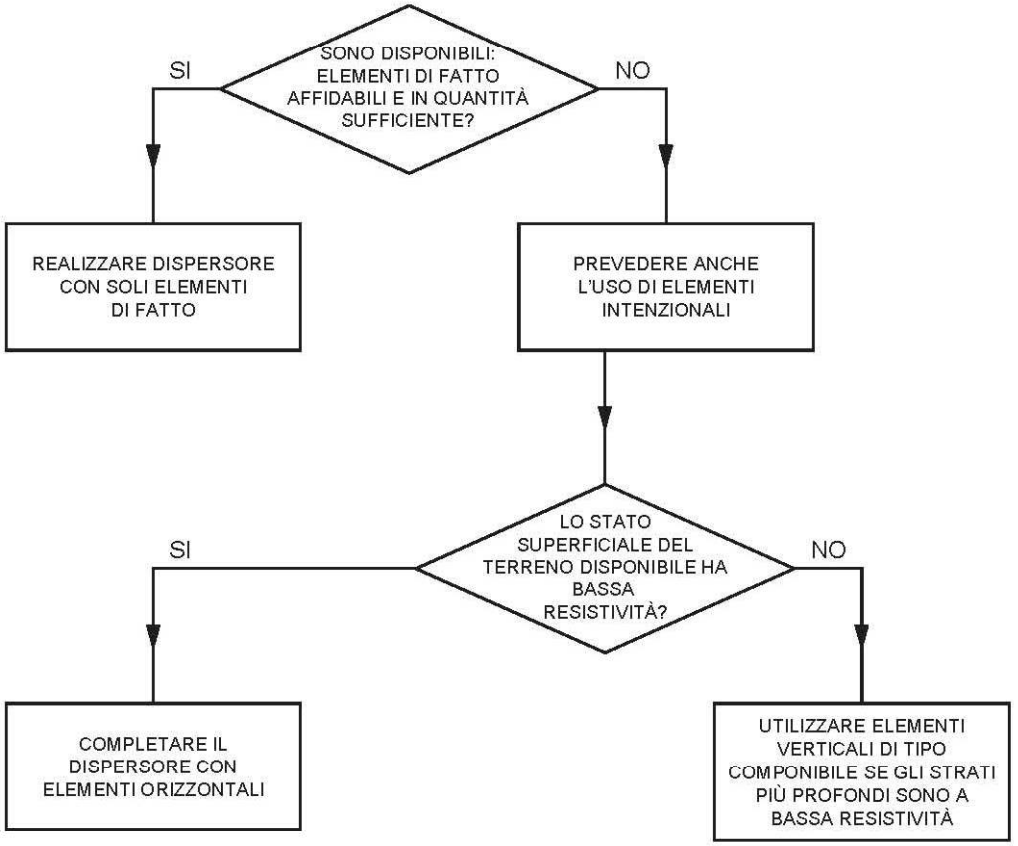
- **200 Ω** **negli ambienti a maggior rischio elettrico** (cantieri edili, stalle e locali adibiti ad uso medico e simili nei quali si ammette una tensione di contatto non superiore a 25 V);

- **0,5 MΩ** **nei locali ad uso medico** ed equivalenti nei quali esiste rischio di microshock.



Messa a terra del ponteggio.
Se il cavo è di classe II (ad esempio H07RN-F), l'apparecchio di illuminazione è anch'esso di classe II e il montacarichi è messo a terra tramite il PE del cavo di alimentazione; in questo caso non è necessaria la messa a terra del ponteggio.

Scelta della configurazione dell'impianto di terra

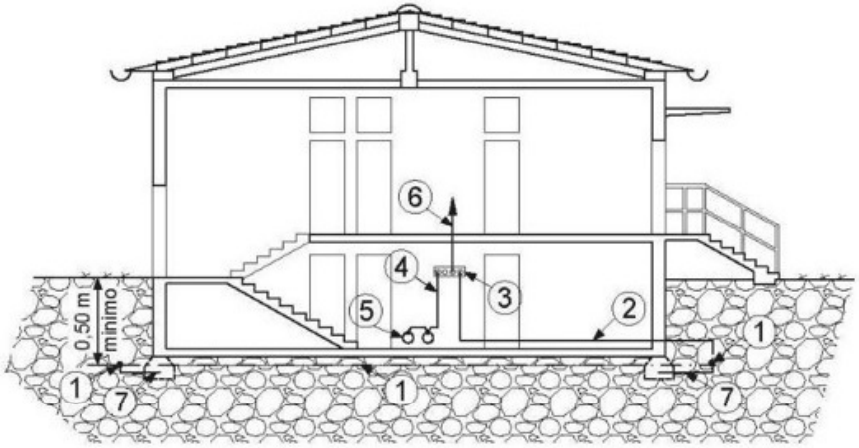


REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

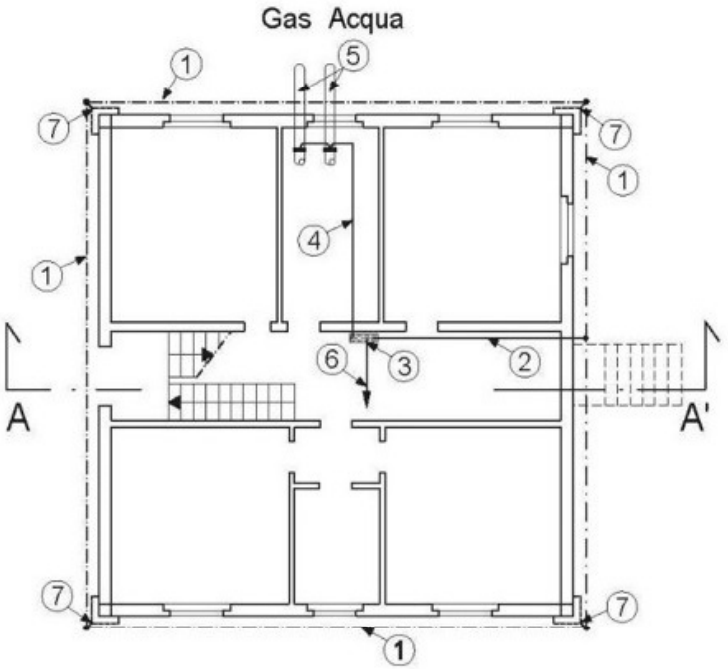
Esempio: villetta o piccola unità in calcestruzzo armato con dispersore artificiale

Legenda

1 - Dispersore orizzontale ad anello (intenzionale)
2 - Conduttore di terra CT (in tubazione protettiva)
3 - Collettore (o nodo) principale di terra MET
4 - Collegamento equipotenziale principale EQP
5 - Massa estranea
6 - Collegamenti di protezione
7 - Collegamento ai ferri dell'armatura del calcestruzzo armato



Sezione A-A'

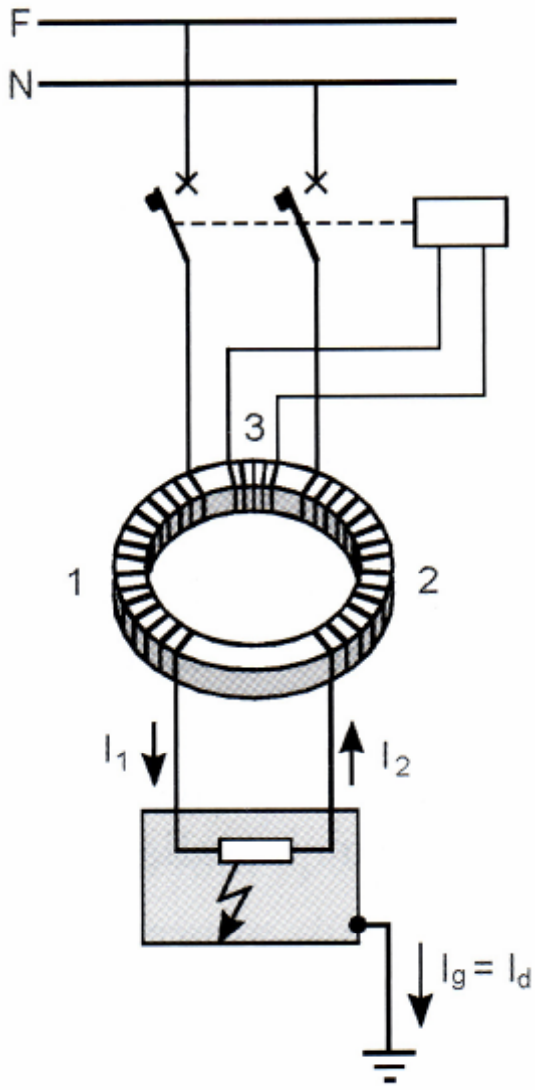


Pianta piano seminterrato

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

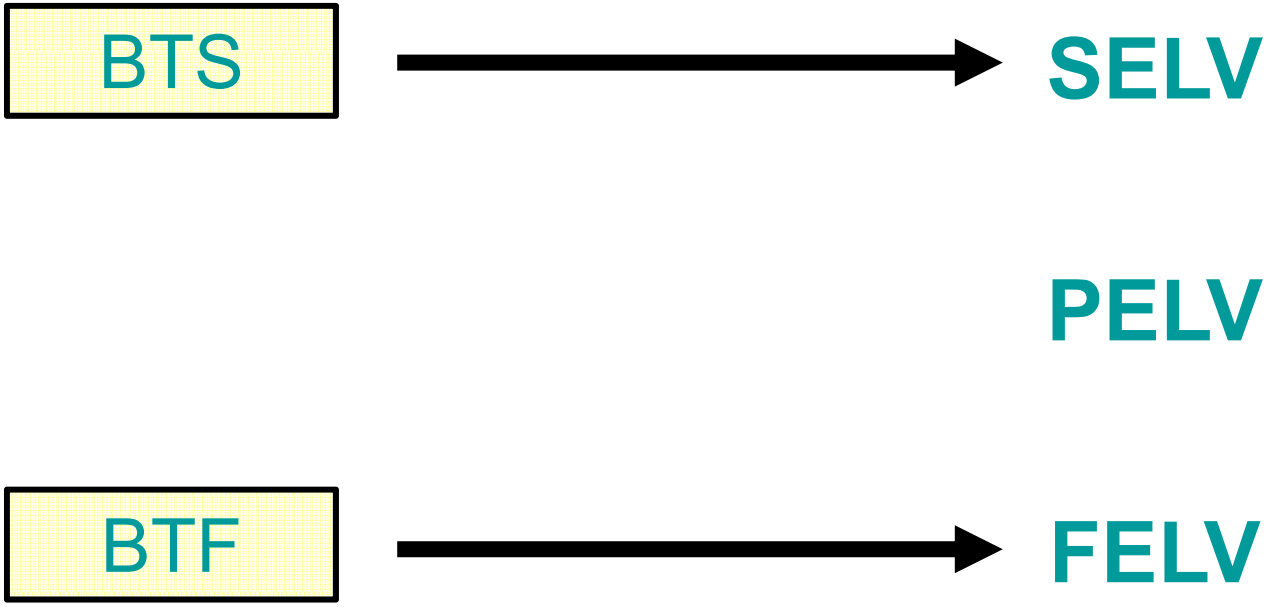
Si realizza la protezione differenziale di un impianto, di un apparecchiatura, di un circuito, rilevando mediante l'interruttore differenziale, la corrente I_d ed aprendo automaticamente il circuito quando viene superato un valore di soglia prestabilito.

La corrente differenziale I_d è la somma vettoriale delle correnti che circolano nei conduttori attivi (neutro compreso) di un circuito elettrico.



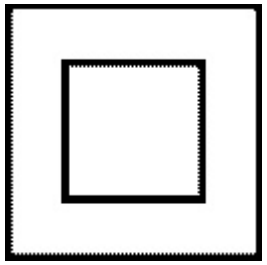
Protezione contro i contatti indiretti

Protezione mediante bassissima tensione



Protezione contro i contatti indiretti

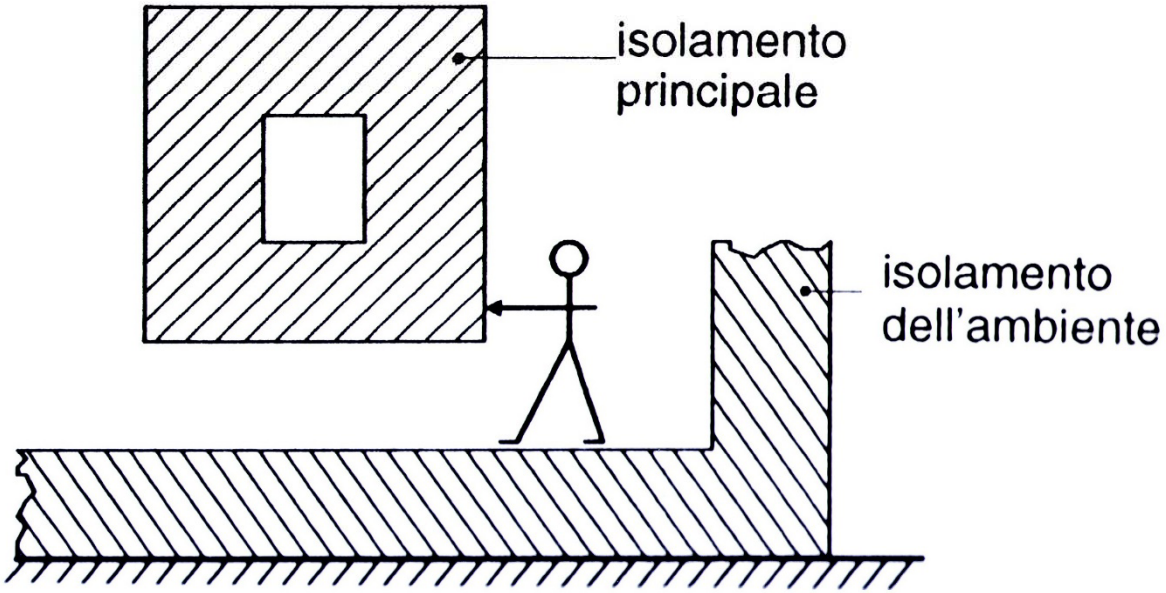
Quando viene usata la misura di protezione mediante isolamento doppio o rinforzato per il completo impianto o per una sua parte, i componenti elettrici devono essere identificati dal seguente segno grafico



Nota: si raccomanda di applicare il segno grafico sull'esterno ed all'interno dell'involucro.

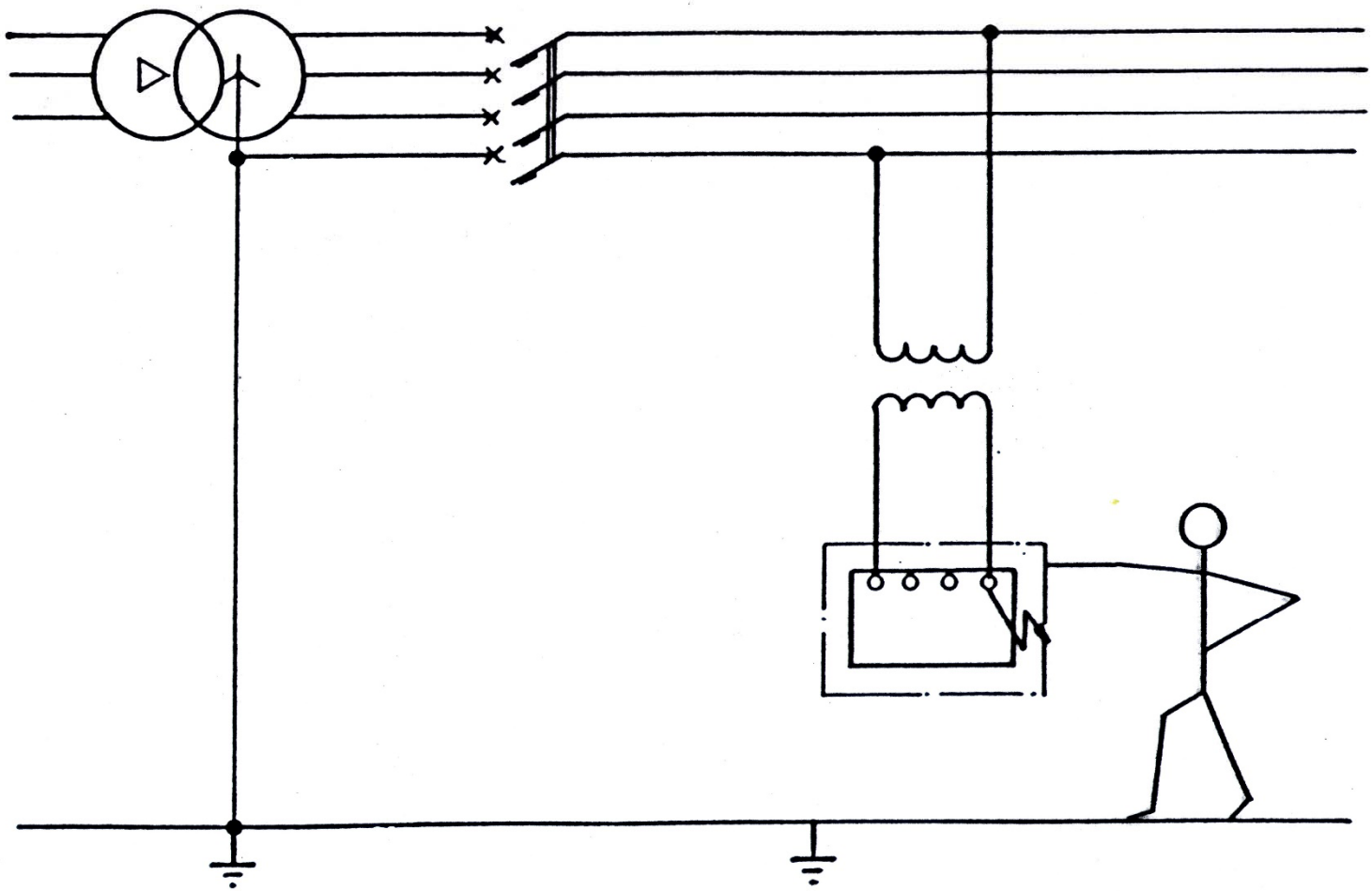
Protezione contro i contatti indiretti

Protezione mediante luoghi non conduttori

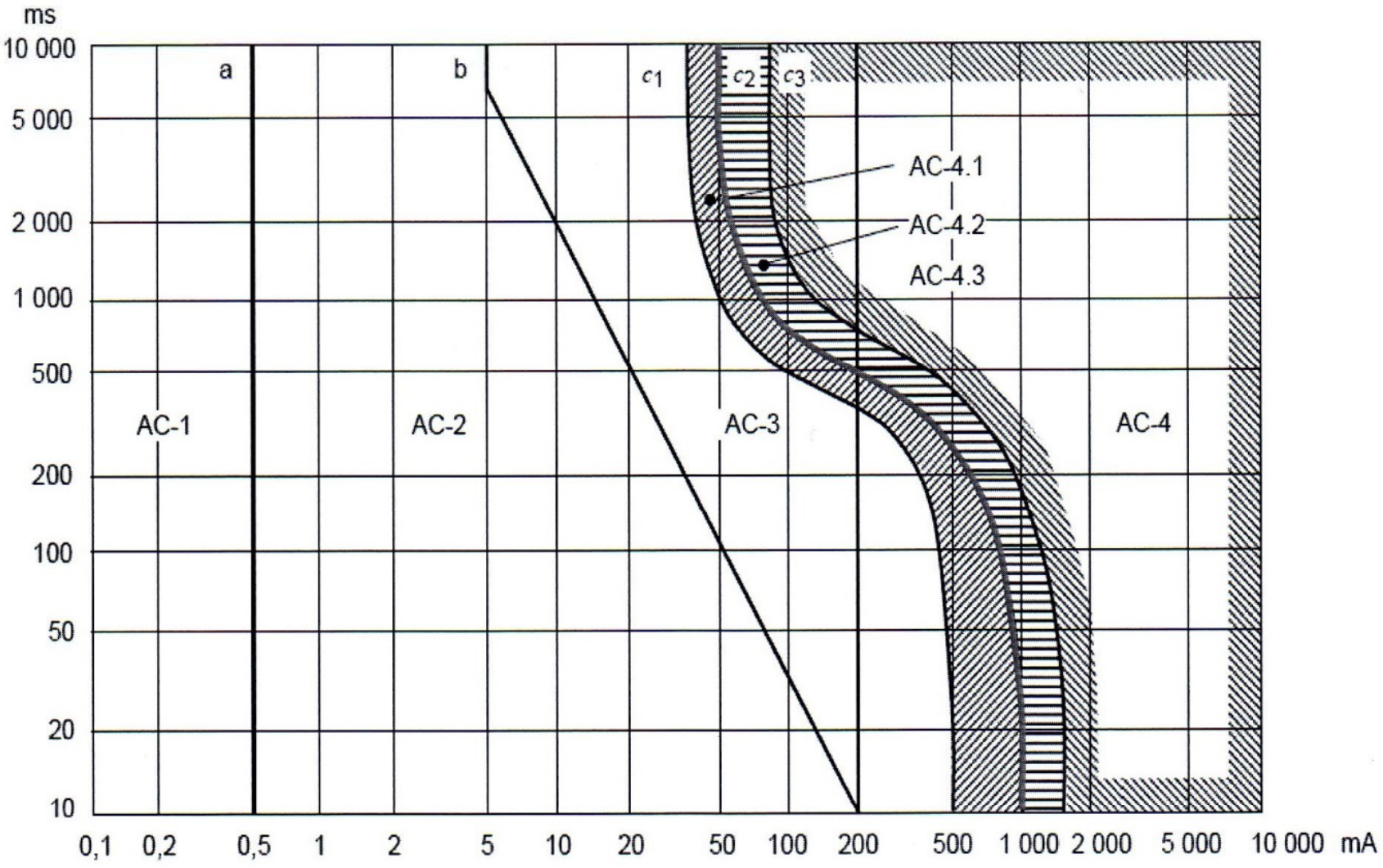


Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Protezione mediante separazione elettrica



Effetti della corrente elettrica attraverso il corpo umano



Protezione nei sistemi TT

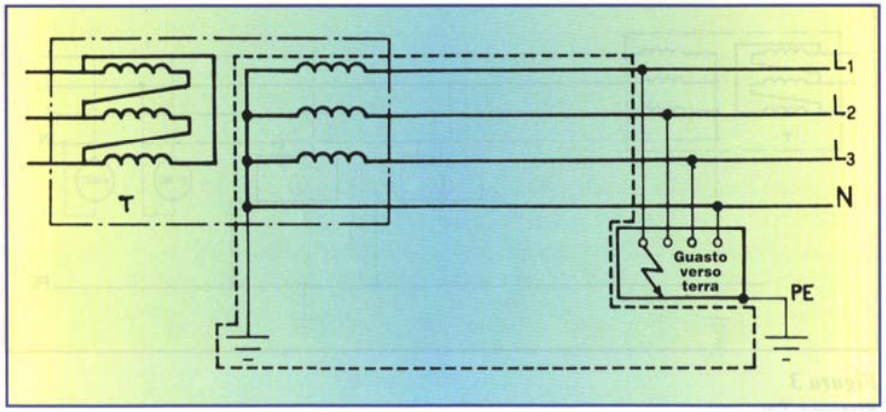
Nei sistemi TT (CEI 64-8 art. 413.1.4): **la protezione contro i contatti indiretti si ritiene soddisfatta quando è verificata la seguente relazione**

$$R_E \times I_{dn} \leq U_L$$

dove

R_E = è la resistenza del dispersore in ohm;

I_{dn} = è la corrente nominale differenziale in ampere.



Protezione nei sistemi TT

tensione di contatto limite pericolosa per l'uomo (U_L)

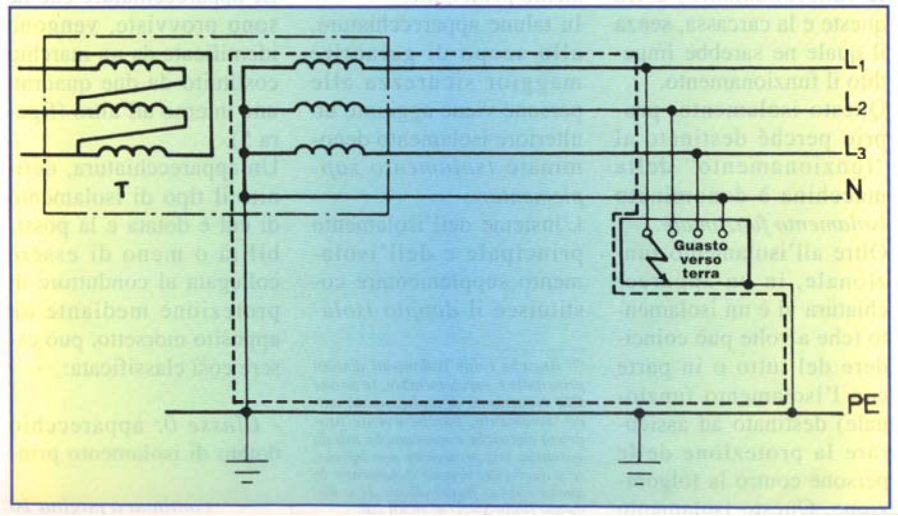
AMBIENTI ORDINARI

50V in c.a. e 120V in c.c.

AMBIENTI PARTICOLARI (locali per uso agricolo e zootecnico, cantieri edili e locali ad uso medico)

25 V in c.a. e 60 V in c.c.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI NEL SISTEMA TN



IMPIANTO DI TERRA

Sistemi TN

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

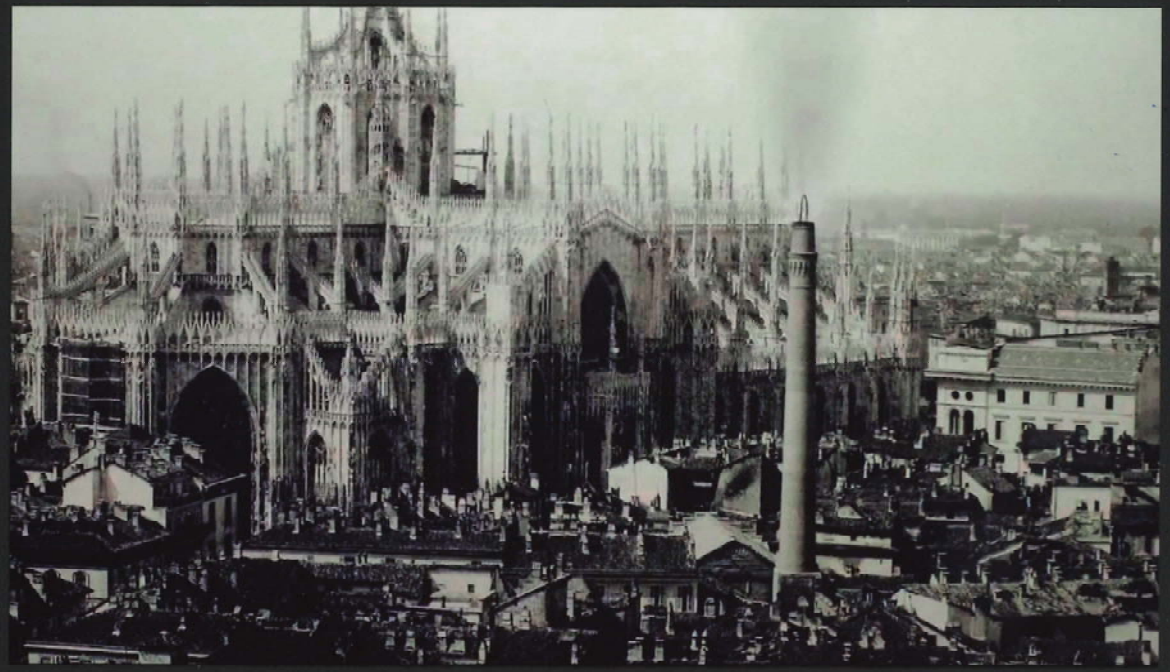
I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A in funzione della tensione nominale U_0 per i circuiti specificati in 413.1.3.4, ed entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s; se si usa un interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale di intervento;

U_0 è la tensione nominale verso terra in volt in c.a. e in c.c.

IMPIANTO DI TERRA

Sistemi TN

Secondo la norma CEI 64-8, I_a indica la corrente di intervento delle protezioni di sovracorrente nel tempo di:

- 5 s per i circuiti di distribuzione e per i circuiti terminali protetti da dispositivi di sovracorrente con corrente nominale superiore a 32 A;
- 0,4 s per U_o = 230 (o gli altri valori indicati nella tabella 41A per tensioni differenti) per i circuiti terminali protetti da dispositivi di sovracorrente con corrente nominale minore o uguale a 32 A.

IN PRINCIPIO FU LA PILA