

L'IMPIANTO DI TERRA

INTRODUZIONE

- ❑ In questa lezione apprenderemo che cos'è e a cosa serve l'impianto di terra
- ❑ Al termine della lezione saremo in grado di valutare la resistenza di terra e coordinare la protezione delle persone con un dispositivo di protezione che non a caso è stato chiamato "salvavita"

PROGRAMMA

- Contatti diretti e indiretti
- Resistenza di terra
- Schema di impianto di terra
- Interruttore differenziale
- Coordinamento tra resistenza di terra e corrente di intervento dell'interruttore differenziale

OBIETTIVO

- Il coordinamento tra la corrente di intervento del dispositivo di protezione e l'impianto di terra garantisce la sicurezza delle persone dal rischio di elettrocuzione



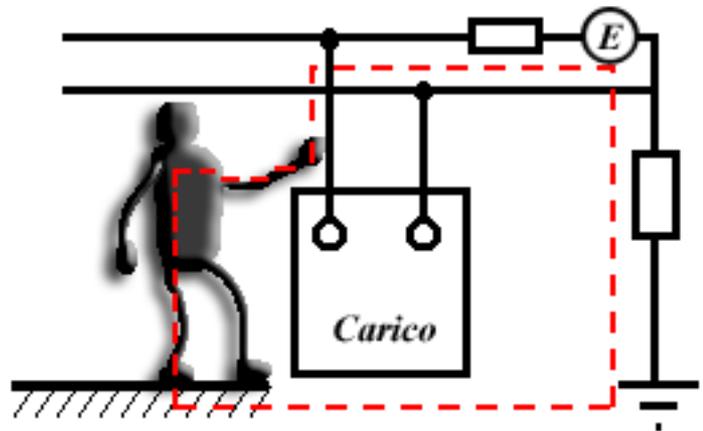


TERMINOLOGIA

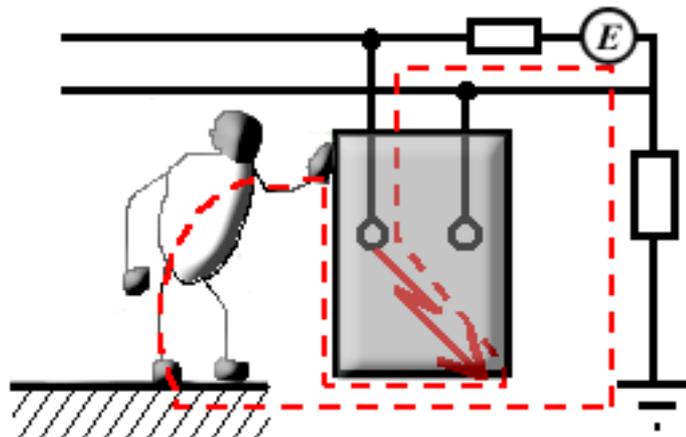
- **Contatto diretto:** contatto di un utente con una parte dell'impianto in tensione
 - **Contatto indiretto:** contatto di un utente con una parte dell'impianto che si viene a trovare accidentalmente in tensione (esempio carcassa di un utilizzatore con guasto all'isolante)
 - **Interruttore differenziale:** dispositivo di protezione che interrompe automaticamente il circuito, basato su un relè capace di avvertire la presenza di una corrente di guasto come differenza tra la corrente in andata e ritorno dell'impianto. È detto anche “salvavita”.
 - **Dispersore di terra:** elemento metallico a nudo contatto con il terreno per convogliarvi le correnti di guasto
- 

TERMINOLOGIA

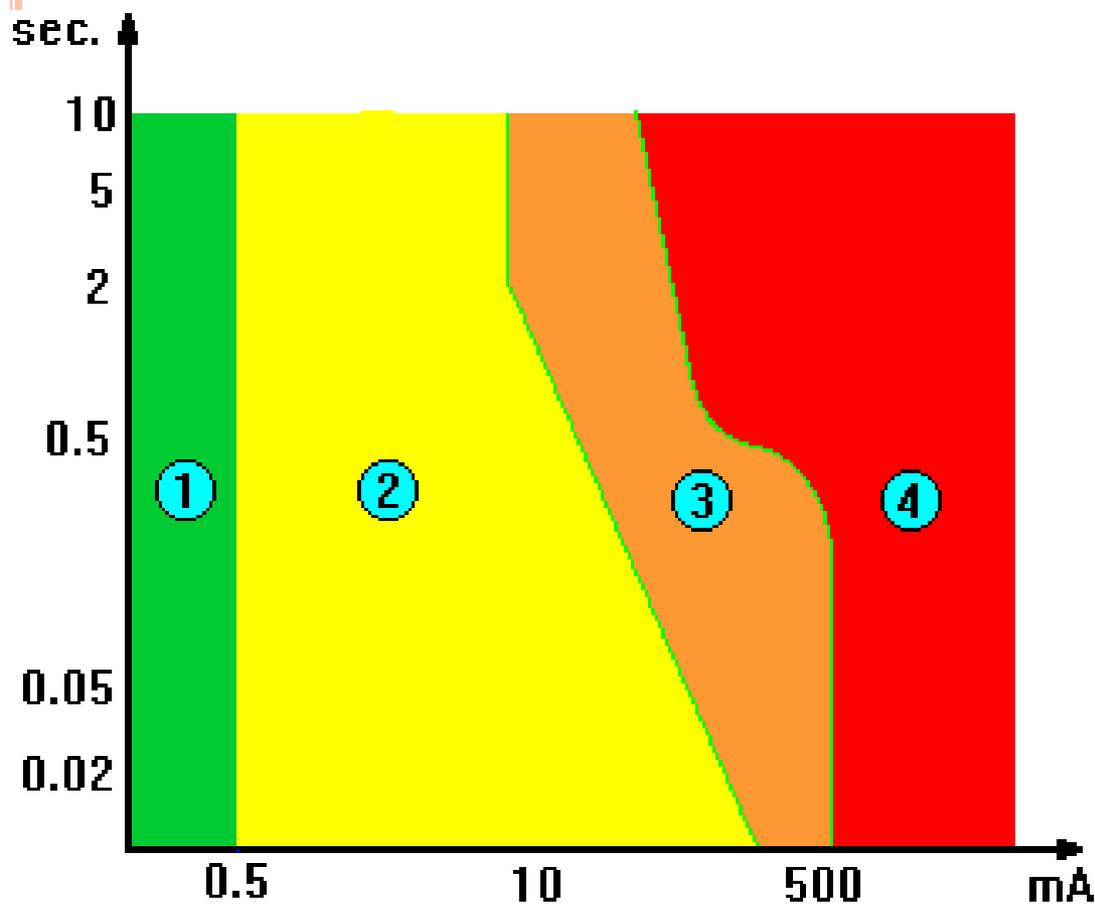
Contatto diretto



Contatto indiretto



RISCHIO DI ELETTROCUZIONE E CURVE DI PERICOLOSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA



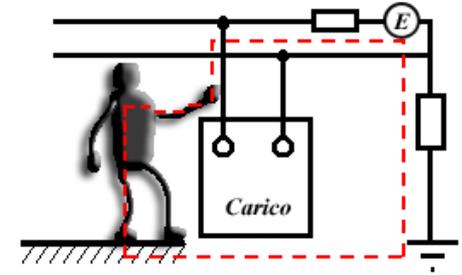
- **Zona 1:**
non ci sono reazioni rilevanti
- **Zona 2:**
effetti fisiologici non pericolosi
- **Zona 3:**
contrazione muscolare, difficoltà respiratoria, fibrillazione atriale reversibile, arresto cardiaco provvisorio senza fibrillazione ventricolare
- **Zona 4:**
fibrillazione ventricolare, arresto cardiaco, ustioni gravi



Come si proteggono gli utenti dell'impianto dai rischi di elettrocuzione (scarica accidentale, non necessariamente mortale, di corrente elettrica nell'organismo umano)

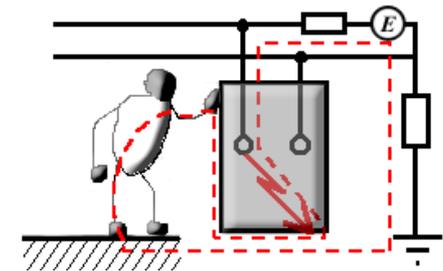
La protezione dai contatti diretti si ottiene:

- Utilizzando la bassa tensione di sicurezza 24 V
- Evitando il contatto mediante barriere protettive ed involucri con adeguato grado di protezione



La protezione dai contatti indiretti si ottiene

- mediante interruzione automatica del circuito in presenza di corrente di guasto
- coordinando l'impianto di terra con l'interruttore stesso



IMPIANTO DI TERRA

Per evitare i contatti indiretti occorre realizzare, infatti, una completa messa a terra degli apparati elettrici, cioè collegare con il suolo le parti metalliche, in particolare i rivestimenti metallici.

In un appartamento una buona messa a terra è realizzata collegando gli apparati elettrici a dei conduttori di terra e di protezione, che fanno parte di un unico impianto di terra del condominio.

Se in un apparato si verifica un difetto di isolamento, la tensione si scarica lungo l'impianto di terra e raggiunge il suolo attraverso dei dispersori metallici fissati nel terreno.

Molto usati sono i **dispersori a picchetto**, costituiti da profilati di acciaio zincato, che possono assumere diverse sezioni e lunghezze variabili (da 1 a 4 metri).

Questo impianto, che da alcuni anni è obbligatorio per legge, deve essere integrato con un interruttore differenziale o salvavita, che interrompe automaticamente l'erogazione di corrente se si verificano contatti diretti o indiretti.



IMPIANTO DI TERRA

Considerando una corrente dannosa per il corpo umano di **15-20 mA**, e una resistenza media del corpo umano di **2,5-3 KΩ**, si ottiene una tensione massima di contatto di 50 V (stabilito dalle norme C.E.I.) , per cui l'impianto di terra deve avere una resistenza ricavabile dalla seguente relazione

$$R_t \leq 50 \text{ V} / I_d$$

dove R_t = resistenza di terra

I_d = corrente di intervento di un eventuale dispositivo di protezione (salvavita) che deve avere un valore massimo al di sotto della soglia di pericolosità per il corpo umano.

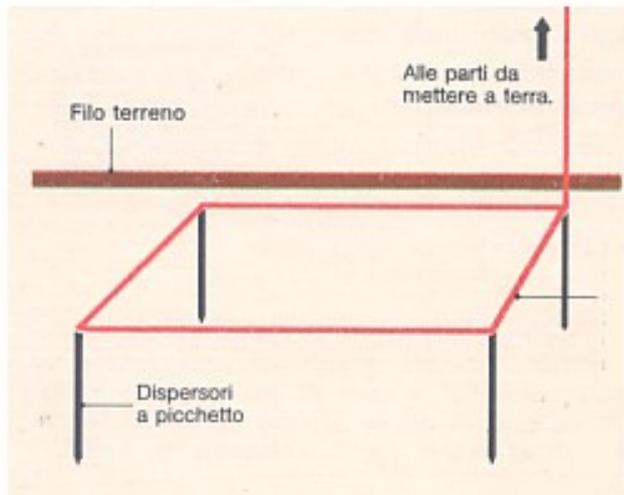
Valori della resistenza di terra in funzione della sensibilità dell'interruttore differenziale.

Sensibilità dell'interruttore differenziale	Valore della resistenza di terra
$I_{\Delta n} < 1\text{A}$	$R_t < 50\Omega$
$I_{\Delta n} < 500\text{mA}$	$R_t < 100\Omega$
$I_{\Delta n} < 300\text{mA}$	$R_t < 166\Omega$
$I_{\Delta n} < 30\text{mA}$	$R_t < 1666\Omega$

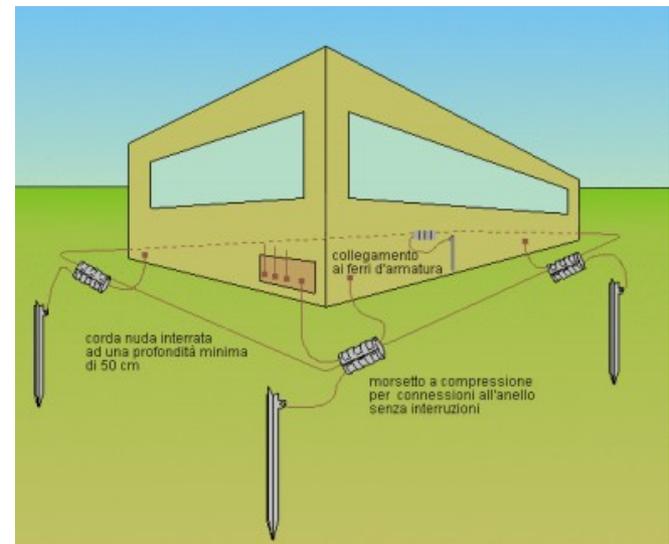


IMPIANTO DI TERRA

E' possibile diminuire la resistenza di terra aumentando il numero di dispersori conficcati nel terreno e opportunamente distanziati tra loro. Si possono collegare tra loro i ferri delle armature del cemento armato dell'edificio, formando un anello attorno alla fondazione e disponendo dei dispersori ai lati (impianto di terra di fondazione).



A sinistra: rete di collegamento (in rosso) realizzata con conduttori isolati o nudi, in quest'ultimo caso i conduttori assumono la funzione di dispersori e la rete viene considerata come un dispersore ad anello.



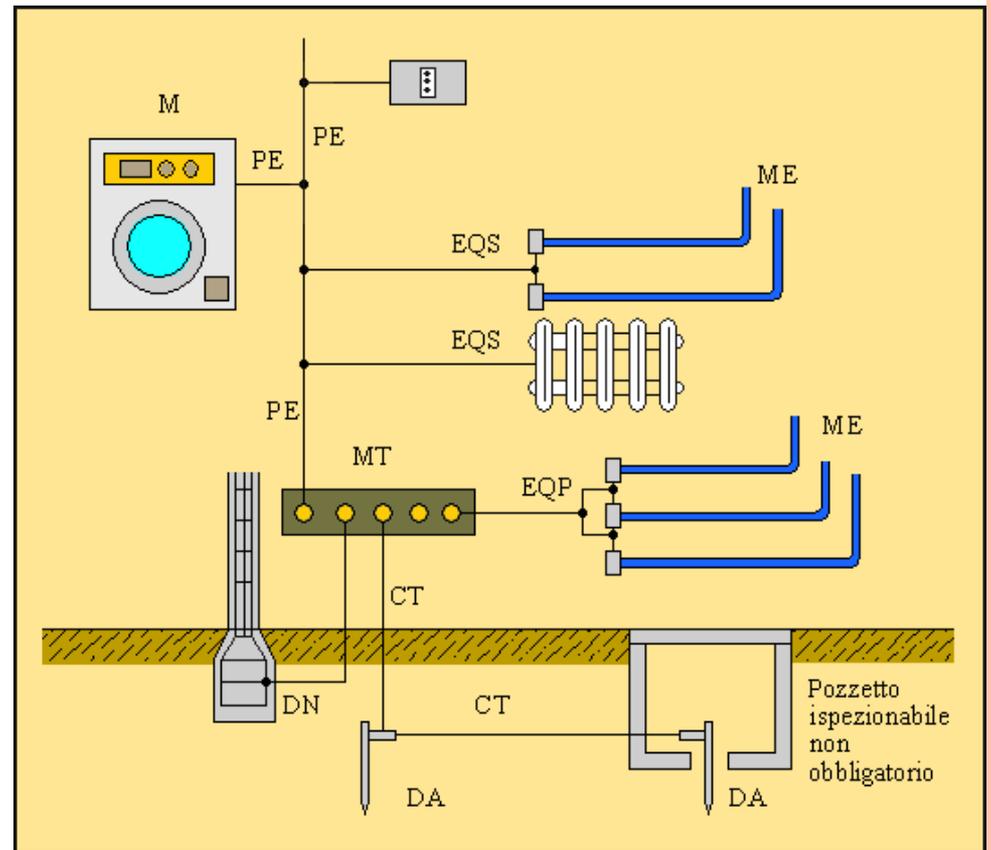
IMPIANTO DI TERRA

Collegato con l'impianto di terra deve esserci anche un collegamento atto a rendere equipotenziali le superfici che potrebbero costituire una massa di dispersione e quindi instaurare una pericolosa differenza di potenziale con una carcassa di elettrodomestico accidentalmente in tensione;

queste superfici sono le tubazioni di scarico e di addizione degli impianti idraulico, di riscaldamento, ecc... e altre superfici metalliche di sufficiente estensione presenti nell'edificio.

Poiché l'impianto di terra serve a disperdere nel terreno le correnti di guasto è bene allora connettere tutte le masse dell'impianto tra di loro e a terra attraverso conduttori equipotenziali e di protezione, fino al collettore di terra collegato al dispersore.

Per "**corrente di guasto a terra**" si intende proprio la corrente circolante dalla fase guasta al punto di messa a terra



IMPIANTO DI TERRA

In un impianto di tipo TT l'impianto di terra va coordinato con la **corrente di intervento differenziale $I_{\Delta n}$** dell'interruttore installato nel quadro in modo che risulti:

$$R_T \leq 50V / I_{\Delta n}$$

dove R_T = resistenza di terra

nei cantieri, nei locali ad uso medico, nelle strutture ad uso agricolo e zootecnico la formula diventa:

$$R_T \leq 25V / I_{\Delta n}$$

Si ha un **sistema TT** quando l'impianto elettrico è alimentato direttamente in bassa **tensione** dall'azienda fornitrice. E' quello che accade nelle nostre abitazioni (solitamente 230 V monofase).

Prima lettera = **T** - neutro collegato direttamente a terra

Seconda lettera = **T** - masse collegate a terra

Seconda lettera = **N** - masse collegate al neutro del sistema (impianti industriali)



IMPIANTO DI TERRA

Per determinare il valore di \mathbf{R}_T occorre ipotizzare un determinato valore della resistività ρ_T del terreno, per essa si possono assumere i seguenti valori:

- $\rho_T = 10 [\Omega \cdot m]$ per terreno organico umido
 - $\rho_T = 1000 [\Omega \cdot m]$ per terreno roccioso asciutto
 - $\rho_T = 300 [\Omega \cdot m]$ per terreno né ghiaioso né roccioso
- Il valore di \mathbf{R}_T si può ottenere approssimativamente con le seguenti formule:

PER DISPERSORE A PICCHETTO

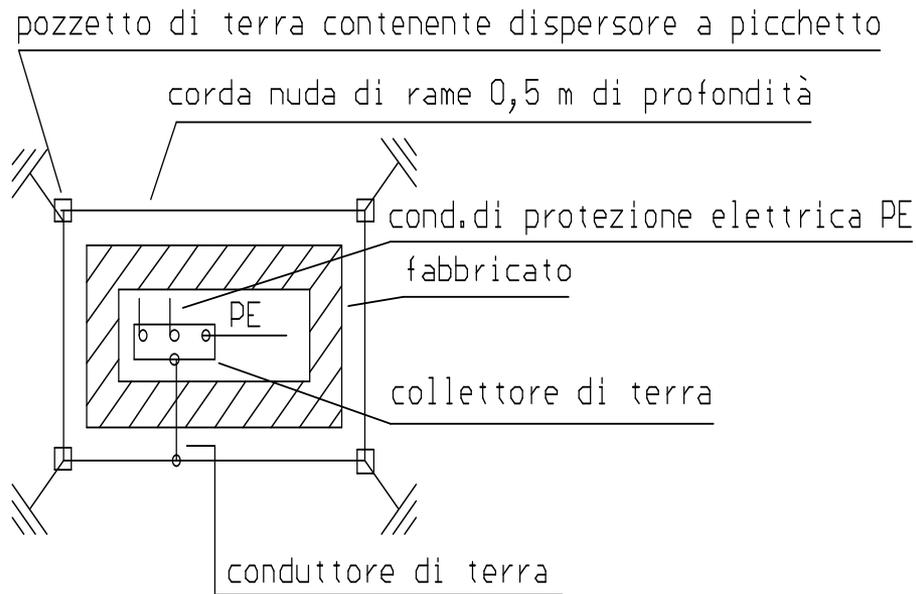
$$\mathbf{R}_T = \rho_T / L$$

PER DISPERSORE AD ANELLO

L = LUNGHEZZA DEL PICCHETTO O DELL'ANELLO

$$\mathbf{R}_T = 3\rho_T / L$$

IMPIANTO DI TERRA: SCHEMA TIPO



- **il dispersore è di tipo misto** (picchetti collegati in parallelo tra di loro mediante corda di rame che costituisce anche un anello)
- per le dimensioni minime dei componenti, in particolare per la sezione del conduttore di protezione elettrica PE in funzione di quella di fase, si veda il manuale.



APPROFONDIMENTO

È consuetudine, nel caso di impianto di terra comune a più utenze (ad esempio in un condominio), trasformare la (19) nella seguente

$$R_T \leq 50V / \sum I_{\Delta n}$$

In tale relazione, con denominatore aumentato rispetto alla (19), la R_T richiesta risulta inferiore, con maggiore impegno realizzativo e di materiale e conseguente aumento di costi ingiustificato.

Infatti la probabilità che tutti gli impianti scarichino correnti di guasto a terra contemporaneamente è tecnicamente scarsa.



ESERCITIAMOCI...

Determinare la resistenza di terra realizzata mediante picchetto lungo 1,5 m in terreno normale e determinare la $I_{\Delta n}$ dell'interruttore differenziale.

SOLUZIONE

Per la (20) risulta $R_T = 300/1,5 = 200 \Omega$

Per la (19) risulta $I_{\Delta n} \leq 50/200 = 0,25 \text{ A}$

Quindi tra i valori normalizzati si può scegliere

$I_{\Delta n} = 0,1 \text{ A}$ oppure $I_{\Delta n} = 0,03 \text{ A}$, a seconda della sensibilità desiderata

