

# Impianto di terra

## Generalità

L'impianto di terra costituisce fondamentalmente un mezzo per disperdere correnti elettriche nel terreno e per proteggere, unitamente ai dispositivi d'interruzione automatica del circuito, le persone dal pericolo di elettrocuzione. Un buon impianto di terra, associato ad uso corretto dei collegamenti equipotenziali, rappresenta una delle soluzioni più utilizzate per raggiungere il miglior livello di sicurezza. Un impianto di terra, a seconda della funzione che deve assolvere, può distinguersi in:

- *messa a terra di protezione*, è una misura atta a proteggere le persone dai contatti diretti;
- *messa a terra di funzionamento*, ha lo scopo di stabilire un collegamento a terra di particolari punti del circuito elettrico per esigenze di esercizio, come la messa a terra del neutro nei sistemi TT e TN;
- *messa a terra per lavori*, collega a terra temporaneamente una sezione di impianto per esigenze di manutenzione.

E' utile ricordare che l'importanza dell'impianto di terra, in relazione alle problematiche legate alla sicurezza, è sottolineata anche da leggi e normative specifiche riguardanti la sicurezza nei luoghi di lavoro. Non bisogna comunque dimenticare che, per quanto concerne il rischio per le persone, la presenza di un impianto di terra è una condizione necessaria ma non sufficiente per garantire la sicurezza; questa dipende da molti altri fattori che saranno chiariti in altre parti del testo.

## Definizioni

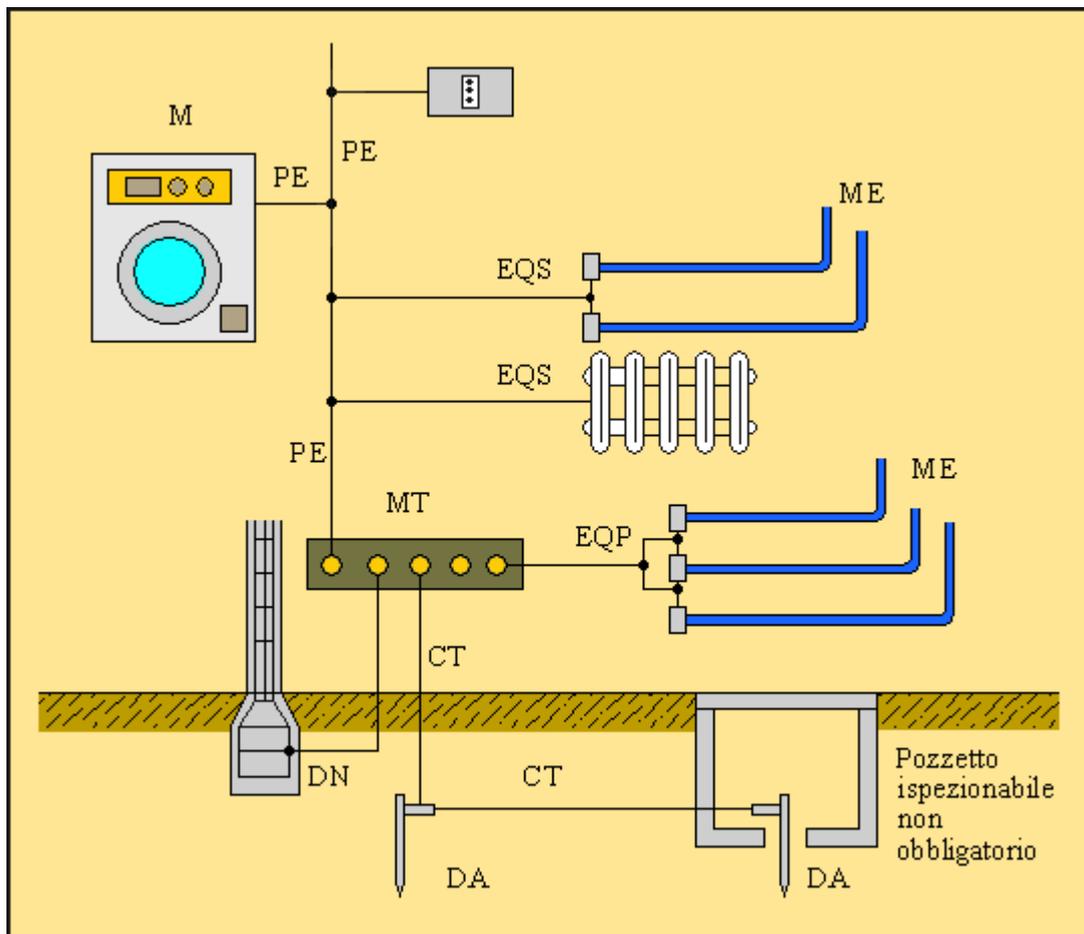
Per rendere più chiara la lettura di questo capitolo si riassumono di seguito le definizioni utilizzate più frequentemente:

- *Tensione totale di terra  $U_T$*  – è la tensione che si stabilisce durante il cedimento dell'isolamento tra una massa ed un punto del terreno sufficientemente lontano a potenziale zero;
- *Tensione di contatto  $U_c$*  – è la differenza di potenziale alla quale può essere soggetto il corpo umano in contatto con parti simultaneamente accessibili, escluse le parti attive, durante il cedimento dell'isolamento;
- *Tensione di passo  $U_p$*  – è la differenza di potenziale che può risultare applicata tra i piedi di una persona a distanza di un passo (convenzionalmente un metro) durante il cedimento dell'isolamento;
- *Tensione di contatto limite convenzionale  $U_L$*  – massimo valore di tensione di contatto che è possibile mantenere per un tempo indefinito in condizioni ambientali specificate;
- *Tensione nominale verso terra di un sistema  $U_n$*  - nei sistemi trifase con neutro isolato o con neutro a terra attraverso impedenza, la tensione nominale, nei sistemi trifase con neutro direttamente a terra, la tensione stellata corrispondente alla tensione nominale, nei sistemi monofase o a corrente continua senza punti di messa a terra, la tensione nominale, nei sistemi monofase o a corrente continua con punto di mezzo messo a terra, metà della tensione nominale;
- *Parte attiva* - conduttore o parte conduttrice in tensione nel servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, ma escluso, per convenzione, il conduttore PEN;
- *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; una parte conduttrice che può andare in tensione solo perché è in contatto con una massa non è da considerarsi una massa;
- *Massa estranea* - parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, generalmente un potenziale di terra;
- *Terra* - il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero;

- *Dispersore* - corpo conduttore o gruppo di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra;
- *Resistenza di terra  $R_T$*  - resistenza esistente tra un collettore (o nodo) di terra e la terra;
- *Impianti di terra elettricamente indipendenti* - impianti di terra aventi dispersori separati. La corrente massima che uno di questi impianti può disperdere non deve modificare il potenziale rispetto a terra dell'altro impianto in misura superiore ad un determinato valore;
- *Conduttore di protezione PE* - conduttore prescritto per alcune misure di protezione contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti: masse, masse estranee, collettore (o nodo) principale di terra, dispersore, punto di terra della sorgente o neutro artificiale;
- *Conduttore PEN* - Conduttore che svolge contemporaneamente funzioni sia di protezione sia di neutro;
- *Conduttore di terra  $C_T$*  - Conduttore di protezione che collega il collettore (o nodo) principale di terra al dispersore o i dispersori tra loro;
- *Collettore (o nodo) principale di terra* - elemento che raccoglie, collegandoli tra loro, il dispersore, i conduttori di protezione, compresi i conduttori equipotenziali e di terra;
- *Collegamento equipotenziale EQP* - (collegamento equipotenziale principale), *EQS* (collegamento equipotenziale secondario), conduttore che mette le diverse masse e masse estranee allo stesso potenziale;
- *Conduttore equipotenziale* - conduttore di protezione che assicura il collegamento equipotenziale;
- *Impianto di terra* - insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) di terra e dei conduttori equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento.

## Costituzione di un impianto di terra

In figura è rappresentata una tipica struttura di impianto di terra per un edificio.



*DA* Dispersore intenzionale

*DN* Dispersore di fatto

*CT* Conduttore di terra

*EQP* Conduttore equipotenziale principale

*EQS* Conduttore equipotenziale supplementare

*PE* Conduttore di protezione

*MT* Collettore (o nodo) principale di terra

*M* Masse

*ME* Massa estranea

## Dispersore

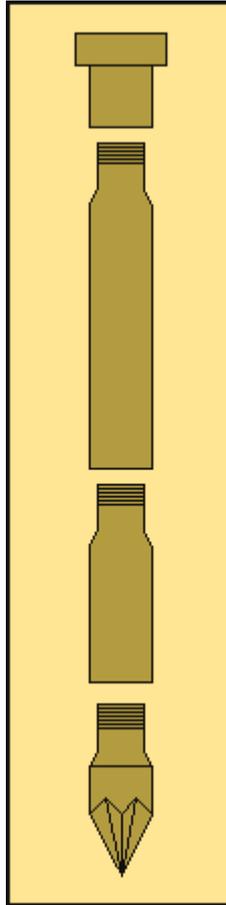
Il dispersore è un corpo metallico o l'insieme di corpi metallici in contatto elettrico col terreno utilizzati intenzionalmente o di fatto per disperdere correnti elettriche. Il *dispersore intenzionale* è stato installato unicamente con lo scopo di mettere a terra gli impianti elettrici (picchetti, corde, piastre, piattine ecc..) mentre il *dispersore di fatto* è un corpo metallico in contatto col terreno o tramite calcestruzzo, che viene normalmente utilizzato per scopi diversi dalla messa a terra degli impianti elettrici (gli elementi metallici degli edifici, le tubazioni metalliche di acqua ed altri fluidi, le armature metalliche dei cavi a contatto col terreno ecc..). I dispersori di fatto sono costituiti da elementi metallici che normalmente sono molto estesi e hanno superfici di contatto col terreno più grandi di quelle dei dispersori intenzionali per cui il loro contributo alla dispersione della corrente di guasto può essere notevole. Negli edifici di tipo civile è necessario considerare l'impiego di questo tipo di dispersori in fase di progetto e porre particolare attenzione alla realizzazione di buoni collegamenti (legature e/o saldature) tra i ferri della struttura metallica in modo che il complesso così realizzato presenti una resistenza elettrica molto bassa. Nella realizzazione dei collegamenti tra i vari elementi del dispersore occorre porre particolare attenzione all'accoppiamento di materiali metallici diversi (ad esempio ferro e rame) che potrebbero essere sottoposti a fenomeni di corrosione dovuti ad eventuali correnti vaganti o per l'effetto pila tra i metalli stessi (utilizzare le apposite piastre di accoppiamento bimetalliche).

## Dispersori intenzionali

I dispersori intenzionali possono essere del tipo a picchetto, a corda, a piastra ecc. I requisiti fondamentali che devono possedere sono:

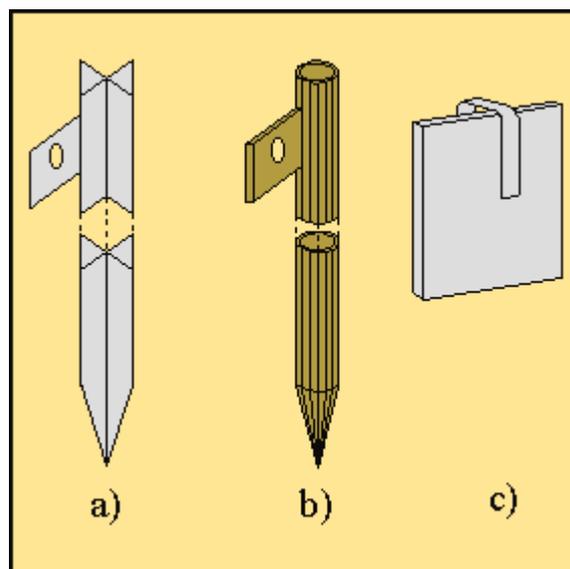
- robustezza meccanica sufficiente per resistere alle sollecitazioni dovute alle operazioni di installazione e all'assestamento del terreno;
- resistenza (comprese le giunzioni e i morsetti) all'aggressione chimica del terreno;
- buona continuità elettrica fra i vari elementi;
- non devono essere causa di corrosione per le altre strutture interrate alle quali sono collegati metallicamente.

I dispersori a picchetto possono essere di forma cilindrica oppure realizzati con profilati di acciaio zincato a caldo. Con i dispersori cilindrici, essendo costituiti da una serie di tubi o tondini suddivisi in tratti di circa 1,5 m raccordabili per mezzo di filettature, è possibile ottenere con discreta facilità profondità di infissione notevoli. Quando la profondità di posa non è elevata si possono utilizzare i profilati d'acciaio zincato a caldo.



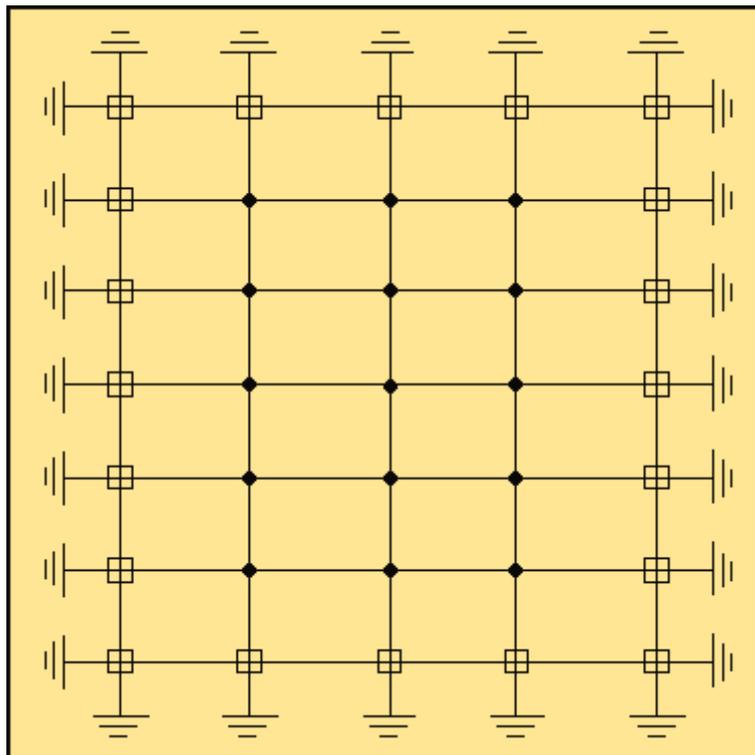
*Dispensore a picchetto per infissione profonda*

I dispersori a piastra sono impiegati nei terreni rocciosi dove è particolarmente difficile infiggere dispersori a picchetto o in profilato. Sono abitualmente posate verticalmente più raramente, quando è necessario trattare il terreno con apposite soluzioni, la posa avviene in modo orizzontale. Attorno alla piastra deve essere stipato terreno di riporto eventualmente anche con l'ausilio di opportuni vibratorii.



*Dispensori per posa poco profonda*

Un altro tipico dispersore è il dispersore ad anello ottenuto collegando ad anello conduttori nudi (nastri o corde) posati direttamente nel terreno ad una profondità di almeno 0,5 m. Dal dispersore ad anello deriva anche il dispersore a maglia ottenuto collegando corde di rame o di acciaio zincato interrate almeno 0,5 m eventualmente integrato con picchetti. L'installazione del dispersore in fiumi, canali o nel mare è sconsigliabile e comunque deve essere realizzata ad almeno 5 metri di profondità. Ove questo non fosse possibile deve essere impedito l'accesso alla zona che risultasse pericolosa. Le giunzioni fra i vari componenti il dispersore devono essere effettuate con saldatura forte autogena oppure con appositi morsetti in grado di assicurare un buon contatto elettrico e di sopportare eventuali sforzi meccanici. Deve anche essere garantita la protezione contro la corrosione.



*Dispersore a maglia con integrazione di picchetti*

## Dimensioni minime e materiali degli elementi dispersori

Le Norme raccomandano, per gli impianti di I, II e III categoria, quando il terreno presenta caratteristiche non particolarmente aggressive, le dimensioni minime riportate in tabella.

	Tipo	Dimensioni Minime	Acciaio zincato a caldo (1)	Acciaio rivestito di rame	Rame
Posa nel terreno	Piastra	Spessore (mm)	3	(2)	3
	Nastro	Sezione (mm <sup>2</sup> )	100	50	50
		Spessore (mm)	3	(2)	3
	Tondino massiccio	Sezione (mm <sup>2</sup> )	50	(2)	35
		Conduttore cordato	Sezione (mm <sup>2</sup> ) Diametro filo elementare (mm)	50 1,8	(2)
Per infissione nel terreno	Picchetto a tubo	Diametro esterno (mm)	40	(2)	30
		Spessore (mm)	2		3
	Picchetto massiccio	Diametro (mm)	20	15 (3)	15
	Picchetto in profilato	Dimensione trasversale (mm)	50	(2)	50
Spessore (mm)		5		5	

Nota: I valori indicati sono validi in terreni non particolarmente aggressivi

(1) E' ammesso anche l'acciaio non zincato

(2) Tipi e dimensioni non considerati nelle Norme CEI 64-8

(3) Spessore del rivestimento in rame:  
100mm se realizzato con deposito elettrolitico;  
500 mm se realizzato per trafilatura.

*Dimensioni minime degli elementi del dispersore secondo le Norme CEI 11-8 e 64-8*

## Dispensori di fatto

Le caratteristiche del dispersore di terra possono essere migliorate utilizzando, oltre i dispersori intenzionali, anche i dispersori di fatto. Tutti i corpi metallici in intimo contatto col terreno o tramite calcestruzzo possono essere collegati all'impianto di terra adottando però alcuni accorgimenti atti ad evitare fenomeni di corrosione. Per limitare tali fenomeni è bene impiegare, negli accoppiamenti, metalli omogenei, possibilmente vicini nella scala di nobiltà. L'ordine di nobiltà tra i metalli più comuni è nell'ordine: stagno, rame, ottone, bronzo, acciaio annegato nel calcestruzzo, acciaio dolce, piombo, alluminio e zinco. Soprattutto nelle giunzioni senza saldatura è necessario limitare le copie elettrolitiche utilizzando morsetti e conduttori dello stesso metallo e proteggere le giunzioni dall'umidità rivestendole con nastri vulcanizzanti.

Uno dei dispersori di fatto più comuni sono i ferri di armatura del cemento armato che, per effetto dell'umidità contenuta nel calcestruzzo, possono considerarsi, una volta collegati all'impianto di terra, dispersori a tutti gli effetti. Per consentire il collegamento con le varie parti del dispersore devono essere previsti, in fase di realizzazione, dei conduttori di adeguata lunghezza collegati con le armature e dei conduttori posati lungo il perimetro dell'edificio per interconnettere elettricamente tra loro i ferri dei plinti. I ferri del cemento armato devono essere, per garantire la continuità, collegati tra di loro per mezzo di saldature, morsetti o legature effettuate a regola d'arte.

## Conduttore di protezione (PE)

Col conduttore di protezione (è identificato dal colore giallo/verde e viene chiamato PE oppure, se svolge contemporaneamente anche la funzione di neutro, PEN) si realizza il collegamento delle masse con l'impianto di terra. Unitamente all'interruttore automatico garantisce la protezione dai contatti indiretti e deve essere dimensionato, come pure il conduttore di terra ed equipotenziale, sia per sopportare le sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto verso terra (che in condizioni di regime è nulla) sia per sopportare eventuali sollecitazioni meccaniche (le norme a tal proposito stabiliscono delle sezioni minime). Il dimensionamento può essere effettuato, con un metodo semplificato, in funzione della sezione del conduttore di fase (tabella) o in modo adiabatico (il calore prodotto e accumulato tutto dal cavo) con una formula.

Sezione di fase (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima del conduttore di protezione (mm <sup>2</sup> )			
	Cu		Al	
	PE	PEN	PE	PEN
≤ 16	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>F</sub>
16 + 35	16	16	16	25
> 35	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2	S <sub>F</sub> /2

Per concludere occorre ricordare che quando il conduttore non fa parte della condotta di alimentazione non deve, in ogni caso, essere inferiore a 2,5 mm<sup>2</sup> se è prevista una protezione meccanica del conduttore stesso (tubo di protezione), e a 4 mm<sup>2</sup> se non è prevista una protezione meccanica.

## Conduttore di terra

Per il dimensionamento del conduttore di protezione si devono adottare criteri diversi a seconda che si tratti di bassa o di media tensione. Le ragioni che stanno alla base del dimensionamento dei conduttori di terra sono principalmente legate alla resistenza meccanica del conduttore. La corrente di guasto, infatti, che in condizioni di normale funzionamento è zero, è quasi sempre sopportabile da conduttori di terra che rispettino le sezioni minime stabilite dalle Norme (tabella):

	Protetti meccanicamente		Non protetti meccanicamente
	Sezione conduttore di fase	Sezione minima conduttore di terra	Sezione minima conduttore di terra
Protetto contro la corrosione (In ambienti non particolarmente aggressivi dal punto di vista chimico il rame e il ferro zincato si considerano protetti contro la corrosione)	$S_F < 16$	$S_T = S$	16 mm <sup>2</sup> se in rame  16 mm <sup>2</sup> se in ferro zincato (secondo Norma CEI 7-6 o con rivestimento equivalente)
	$S_F \geq 16 \geq 35$	$S_T = 16$	
	$S_F > 35$	$S_T = S / 2$	
Non protetto contro la corrosione	25 mm <sup>2</sup> se in rame  50mm <sup>2</sup> se in ferro zincato (secondo la Norma CEI 7-6 o con rivestimento equivalente)		

*Sezioni minime dei conduttori di terra*

## Conduttori equipotenziali

Sono conduttori che collegano fra di loro parti che normalmente si trovano al potenziale di terra garantendo quindi l'equipotenzialità fra l'impianto di terra e le masse estranee e consentendo di ridurre la resistenza complessiva dell'impianto di terra. Non essendo conduttori attivi e non dovendo sopportare gravose correnti di guasto il loro dimensionamento non segue regole legate alla portata ma alla resistenza meccanica del collegamento. Le Norme prescrivono le sezioni minime che devono essere rispettata per questi conduttori distinguendo tra conduttori *equipotenziali principali (EQP)* e *supplementari (EQS)*. Sono detti principali se collegano le masse estranee al nodo o collettore principale di terra, sono detti supplementari negli altri casi.

Le sezioni minime prescritte sono raccolte nella tabella.

<i>Conduttori equipotenziali</i>	<i>Sezione del conduttore di protezione principale PE</i> <i>(mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Sezione del conduttore equipotenziale</i> <i>(mm<sup>2</sup>)</i>
Principale EQP	$\leq 10$ $= 16$ $= 25$ $> 35$	6 10 16 25
Supplementare EQS: <ul style="list-style-type: none"> <li>collegamento massa-massa</li> <li>collegamento massa-massa estranea</li> </ul>	$EQS \geq PE$ di sezione minore (¹)  $EQS \geq \frac{1}{2}$ della sezione del corrispondente conduttore PE  In ogni caso la sezione del conduttore EQS deve essere: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\geq 2,5</math> mm<sup>2</sup> se protetto meccanicamente</li> <li><math>\geq 4</math> mm<sup>2</sup> se non protetto meccanicamente</li> </ul>	
(¹) Quando le due masse appartengono a circuiti con sezioni dei conduttori di protezione molto diverse, sul conduttore EQS (dimensionato in base alla sezione del conduttore di protezione minore), potrebbero verificarsi correnti di guasto tali da sollecitare termicamente in modo eccessivo il conduttore stesso. In questo caso è opportuno aumentare la sezione del conduttore EQS sulla base della corrente di guasto effettiva.		

## Colori distintivi dei conduttori di terra, equipotenziali e di protezione

I conduttori di terra, equipotenziali e di protezione se costituiti da cavi unipolari o anime di cavi multipolari devono essere contraddistinti da isolante di colore giallo/verde. Per i conduttori nudi non sono prescritti colori o contrassegni.