



Comune di
TERRANUOVA B.ni



COORDINAMENTO:

Ing. Luca ZIPOLI

CSAI Spa

Via Lungarno 123 - 52028 Terranuova B.ni (AR)

PROGETTO OPERE EDILI:

Ing. Marco SACCHETTI

UFFICIO TECNICO CSAI Spa

Via Lungarno 123 - 52028 Terranuova B.ni (AR)

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI:

TECNOENGINEERING Srl

Via A. da Settimello, 22 - Firenze



UNI EN ISO 9001:2015 CSQ N° 9175 TE 18

COORDINAMENTO SICUREZZA:

Ing. Marco SACCHETTI

UFFICIO TECNICO CSAI Spa

Via Lungarno 123 - 52028 Terranuova B.ni (AR)

UFFICIO TECNICO CSAI Spa:

Ing. Fabio SEMOLI

Geom. Giovanni FANTONI

OGGETTO:

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE E REDAZIONE

DOCUMENTAZIONE TECNICA

FUNZIONALE ALL'AFFIDAMENTO DELLE ATTIVITÀ PER LA

REALIZZAZIONE DELLA NUOVA CABINA MT/bt PER

IMPIANTO BIOMETANO LOC. "CASA ROTA" NEL

COMUNE DI TERRANOVA B.NI (AR)

ELABORATO:

IMPIANTI ELETTRICI

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO ESECUTIVO

SCALA	DATA	COMMESSA
	SETTEMBRE 2025	333/25/AS

REV.	DIS.	APP.	DES.	DATA
1	ML	AS	REVISIONE GENERALE	13.01.26
0	ML	AS		30.09.25

ID.ELABORATO

IE.03.02.0

SOMMARIO

CALCOLO DELLE LINEE E DELLE PROTEZIONI	2
Calcolo delle linee elettriche e dimensionamento delle protezioni	
Portata dei cavi	
Verifica della protezione da sovraccarico	
Caduta di tensione	
Verifica protezione contro il corto circuito	
Protezione contro i contatti indiretti nel sistema TN-S	
ALLEGATO CALCOLO DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE	6
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA	7
Premessa	
Criteri progettuali	
COMPOSIZIONE DI UN IMPIANTO DI TERRA	8
Generalità	
Conduttori di terra	
Collettore (o nodo) principale di terra	
Conduttori equipotenziali	
COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO	13
DIMENSIONAMENTO	14
Scelta dei parametri progettuali	
Calcolo della resistenza di terra del dispersore	
Calcolo della resistenza dell'anello perimetrale esterno Cabina MT/BT	
Calcolo della resistenza del sistema di picchetti verticali fabbricato	
Calcolo della resistenza corda di terra collegamento centrale bio-metano	
Calcolo della resistenza complessiva	
Verifica delle tensioni di passo e di contatto	

RELAZIONE DI CALCOLO

CALCOLO DELLE LINEE E DELLE PROTEZIONI

Calcolo delle linee elettriche e dimensionamento delle protezioni

Il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio è stato svolto esaminando puntualmente le aree di intervento ed analizzando, sulla base delle informazioni rilevate dalla committente, lo sviluppo futuro della struttura. I risultati dei calcoli sono riportati nelle tavole con gli schemi unifilari dei quadri elettrici. Per la determinazione della potenza elettrica da impiegare è stata effettuata una analisi dettagliata di tutte le utenze previste (illuminazione, utenze FM, centrali tecnologiche, sistemi meccanici di sollevamento, ecc.) prendendo in considerazione i singoli fabbisogni di potenza e introducendo, per ognuno di essi, un coefficiente di utilizzazione ed uno di contemporaneità sulle singole linee, che vengono di seguito riportati:

CABINA BIOMETANO	Ku= 1,00	Pot.= nominale	Kc= 1,00	cos =	0,9
------------------	----------	----------------	----------	-------	-----

Si seguito sono elencati i criteri per il dimensionamento delle linee e delle protezioni.

Portata dei cavi

La portata dei cavi è stata dedotta applicando la tabella CEI UNEL 35024 tenendo in debita considerazione i seguenti dati:

temperatura ambiente pari a 30° K1 = 1;

tipo di posa: in passerelle e in tubo incassato;

posa ravvicinata K2 max = 0,75;

cavi con conduttori di rame isolati in gomma butilica qualità G7 e G10;

tipo di rete equilibrata K3= 1;

rischio di esplosione ininfluyente K4= 1;

per ottenere la giusta portata di corrente dei cavi si applica quindi la seguente relazione:

$$I_z = I \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad [1]$$

Verifica della protezione da sovraccarico

La verifica della protezione da sovraccarico e per corto circuito al termine della linea è stata effettuata applicando le relazioni dettate dalle norme CEI 64-8/4 art. 433.2 e più precisamente

$$I_B \leq I_N \leq I_z \quad [2]$$

$$I_f \leq 1,45 I_z \quad [3]$$

dove:

I_B = Corrente di impiego della conduttura;

I_f = Corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione;

I_N = Corrente nominale dell'interruttore di protezione.



I_z = Portata del conduttore secondo tabelle UNEL, in funzione del tipo di posa e del numero di conduttori attivi disposti nella stessa canalizzazione e della temperatura ambiente e di esercizio.

Le relative definizioni sono riportate nelle norme CEI 64-8/2 e 64-8/4; per il valore della I_f si fa riferimento alle relative norme CEI 17-5 (IEC 947.2), per gli interruttori di uso industriale (scatolati), e alle norme CEI 23-3 (CEI EN 60898), per gli interruttori ad uso civile o similare (modulari).

Il valore della corrente convenzionale di funzionamento (I_f) per gli interruttori modulari è pari a $1,45 I_n$, mentre per gli interruttori di tipo scatolato le norme CEI 17-5 prescrivono un valore di $1,35 I_n$ per tarature inferiori a 63 A, e $1,25 I_n$ per tarature superiori; perciò nell'impiego di interruttori scatolati si rende superfluo il controllo della relazione [3].

Caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione abbiamo applicato la tabella UNEL 35023-70 inserendo i valori appropriati nella seguente relazione:

$$\Delta V = L * I * K * (R * \cos \varphi + X * \sin \varphi) \quad [4]$$

dove:

ΔV = valore in volt della caduta di tensione;

L = lunghezza della linea in metri;

I = corrente di impiego della conduttura in ampere;

K = 2 per linee monofasi e 1,73 per linee trifasi;

R = valore della resistenza del cavo in Ω/km ;

X = valore della reattanza del cavo in Ω/km ;

$\cos \varphi$ = fattore di potenza del circuito in esame.

dalla relazione appena esposta si può calcolare la caduta di tensione percentuale con la seguente formula:

$$\Delta V * 100$$

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V * 100}{230 (400)} \quad [5]$$

$$230 (400)$$

Verifica protezione contro il corto circuito

La norma CEI 64-8/4, alla sez. 434, prescrive che ogni dispositivo di protezione contro i corto circuiti deve rispondere alle due seguenti condizioni:

1 - il potere d'interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto d'installazione

$$P_{di} \geq I_{cc} \quad [6]$$

2 - deve essere in grado di interrompere il corto circuito in un tempo tale da evitare al conduttore il funzionamento a temperature elevate ($t \leq 5 \text{ sec}$);

$$(I^2 t) \leq K^2 S^2 \quad [7]$$

Per il calcolo della corrente di corto circuito massimo, che determina il potere d'interruzione minimo degli interruttori nel punto d'installazione calcolato, si è applicato la relazione semplificata sotto riportata:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{1,73 \times Z_t} \quad [8]$$

dove:

I_{cc} Corrente di corto circuito massimo nel punto d' impianto



Un Tensione concatenata

Zt Impedenza totale del circuito calcolata sommando le impedenze dei in parallelo, e dei cavi di collegamento. Tale somma è stata considerata molto prossima a quella vettoriale.

Il calcolo così effettuato, anche se non preciso come quello analitico o di programmi di calcolo informatici, è prossimo ai valori reali e comunque penalizzante.

Alla luce anche di quanto dettato dall'art. 435.1 delle norme CEI 64-8/4, nel caso in cui il dispositivo di protezione risponde "alle prescrizioni della sezione 433 ed ha un potere d'interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta nel suo punto d'installazione, si considera che esso assicuri anche la protezione contro le correnti di corto circuito della conduttura situata a valle di quel punto", si verificherà che sia soddisfatta la relazione [6] nel punto d'installazione.

E' il caso di ribadire che un interruttore automatico, adatto per la protezione della conduttura contro il sovraccarico [2] e [3] è idoneo anche per proteggere la conduttura per un corto circuito al termine della linea. In altre parole, si dà per scontato che la condizione $(I^2t) \leq K_2 S_2$ sia soddisfatta per un corto circuito in fondo alla linea.

Ne consegue che se la linea è protetta contro il sovraccarico la lunghezza massima della linea protetta contro il corto circuito tende all'infinito. In proposito vedasi anche quanto detto all'art. 533.3 della norma CEI 64-8.

In allegato A sono riportati i calcoli effettuati, per le correnti di corto circuito.

Protezione contro i contatti indiretti nel sistema TN-S

Per la verifica della protezione contro i contatti indiretti, sez. 413 della norma CEI 64-8/4, ci siamo avvalsi della tabelle fornite dal costruttore, dei dispositivi di protezione impiegati, dalle quali si determina la lunghezza massima di conduttura protetta per cui la protezione in oggetto è assicurata.

Tale verifica, che è comunque superflua per l'impianto installato in quanto i circuiti terminali sono protetti da interruttore automatico magnetotermico differenziale, è stata effettuata poiché un eventuale guasto del relé differenziale demanda tale protezione alla sezione magnetotermica dell'interruttore medesimo.

Nei sistemi TN le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti devono essere tali che, se si presenta un guasto di impedenza trascurabile in qualsiasi parte dell'impianto tra un conduttore di fase ed un conduttore di protezione o una massa, l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro un tempo specificato, soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s = 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 terminali protetti con un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti avente corrente I_n o I_r non superiore a 32A, ed entro un tempo convenzionale non superiore a 5s per gli altri circuiti; 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.

Tab. 41A - Tempi massimi di interruzione per i sistemi TN

Sistema	50 V < $U_0 \leq 120$ V s		120 V < $U_0 \leq 230$ V s		230 V < $U_0 \leq 400$ V s		$U_0 > 400$ V s	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	NOTA 3	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

U_0 è la tensione nominale verso terra in c.a. o in c.c.

NOTA 1 Per le tensioni che sono entro la banda di tolleranza precisata nella Norma CEI 8-6 si applicano i tempi di interruzione corrispondenti alla tensione nominale.

NOTA 2 Per valori di tensione intermedi, si sceglie il valore prossimo superiore della Tab. 41A.

NOTA 3 L'interruzione può essere richiesta per ragioni diverse da quelle relative alla protezione contro i contatti elettrici.

NOTA 4 Quando la prescrizione di questo articolo sia soddisfatta mediante l'uso di dispositivi di protezione a corrente differenziale, i tempi di interruzione della presente Tabella si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte significativamente più elevate della corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale (tipicamente $5 I_{\Delta n}$).

Allegato calcolo dimensionamento linee elettriche

Di seguito si riportano le verifiche dei dimensionamenti delle linee elettriche, suddivise per zone e quadri elettrici.

ALLEGATO CALCOLO DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE

5.0 CABINA MT/BT BIOMETANO		QUADRI ELETTRICI CABINA BIOMETANO			
Oggetto: Tabella verifica Quadri Elettrici		Sistema di distribuzione: TN-S	Tensione: 15000/400+N [V]	Frequenza: 50 [Hz]	Commessa:
Data: Settembre 2025		Verifica C.d.t. massima sui quadri: SI		Verifica C.d.t. con Ib: SI	
Controllo corto circuito a fondo linea: SI		Verifica contemporaneità: SI		Verifica C.d.t. massima sui quadri: SI	
Verifica protezione contatti indiretti: SI		Verifica I²t con Icc Max: SI		Verifica C.d.t. con Ib: SI	

CALCOLI E VERIFICHE

COLLEGAMENTO			INTERRUTTORE					CAVO						FASE		NEUTRO		PROTEZIONE			I _b ≤ I _n ≤ I _z			I _r ≤ 1,45		
Da Quadro	A Quadro	Rif. circuito	Taglia In max	Corrente termica regolata di Fase (I _r) / Lungo ritardo (L2) / Tempo (t1)	Corrente magnetica regolata (I _{rm}) / Tempo (t2) / Istantaneo (I)	Id Corrente differenziale	I _{cc} massima di barratura	Tipo cavo	Sezione	Distanza	C.d.t. % Con I _b	IK Massima Trifase fine linea	IK minima Trifase fine linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	Pot. cont	I _{b n}	I _{n z}	I _z	I _r	1.45I _z	Test
			[A]	[A]	[A]		[kA]		[mm ²]	[m]	[%]	[kA]	[kA]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	
QGBT		IG2-QG	4 x 1 000,00/1 000,00	1 000,00/---/24,00	10 000,00/0,50/15,00	1 000,00	14,43	---	---	---	0,12	14,42	13,40	---	---	---	---	---	---	525	789	1 000	---	1 200	---	SI
QGBT		Centrale bi	---/---	1 000/---/---	10 000/---/---	30	14,42	FG16R16/FS17 PE	3(4x1x240)+(2x240)+(2PE 240)	150	1,78	11 740	10 507	14 557 587	1 177 862 400	13 733 253	1 177 862 400	13 742 412	1 177 862 400	523	795	1 000	1 181	1 200	1 713	SI
QGBT		SPD/N	4 x 160,00/80,00	80,00/---/---	800,00/---/---	30	14,42	---	---	---	0,11	14,21	12,98	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	80,00	---	96,00	---	SI
QGBT		MUL	4 x 20,00/---	16,00/---/---	38,00/---/---	30	14,42	---	---	---	0,11	11,74	9,25	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	16,00	---	30,40	---	SI
QGBT		RIF1	4 x 50,00/---	50,00/---/---	382,00/---/---	0,30 - Cl. A	14,42	FG16OR16	1(5G10)	30,0	0,14	3,55	2,30	0,05	2,04	---	---	0,04	2,04	0,00	28,87	50,00	54,00	65,00	78,30	SI
QGBT		EX	2 x 16,00/---	16,00/---/---	160,00/---/---	0,03 - Cl. AC	14,01	FG16OR16	1(3G2,5)	15,0	0,42	0,91	---	0,01	0,13	0,01	0,13	0,01	0,13	0,50	2,41	16,00	21,00	20,80	30,45	SI
QGBT		FM	2 x 16,00/---	16,00/---/---	160,00/---/---	0,03 - Cl. AC	14,01	FG16OR16	1(3G2,5)	15,0	0,42	0,91	---	0,01	0,13	0,01	0,13	0,01	0,13	0,50	2,41	16,00	21,00	20,80	30,45	SI
QGBT		L1	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. AC	14,01	FG16OR16	1(3G2,5)	15,0	0,24	0,87	---	0,01	0,13	0,00	0,13	0,01	0,13	0,20	0,96	10,00	21,00	13,00	30,45	SI
QGBT		RIS	2 x 16,00/---	16,00/---/---	160,00/---/---	0,03 - Cl. AC	14,01	---	---	---	0,11	11,02	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	16,00	---	20,80	---	SI
QGBT		RIS	2 x 16,00/---	16,00/---/---	160,00/---/---	0,03 - Cl. AC	14,01	---	---	---	0,11	11,02	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	16,00	---	20,80	---	SI
QGBT		UPS-CAB	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,30 - Cl. AS si	14,01	FG16OR16	1(3G6)	15,0	0,27	1,86	---	0,01	0,74	0,00	0,74	0,01	0,74	0,50	2,41	10,00	35,70	13,00	51,77	SI
QGBT		IG/U	2 x 32,00/---	32,00/---/---	150,00/---/---	0,30	0,85	---	---	---	0,18	0,84	---	---	---	---	---	---	---	0,50	2,41	32,00	---	41,60	---	SI
QSC1		PT	2 x 20,00/---	10,00/---/---	27,00/---/---	0,30	0,84	---	---	---	0,18	0,80	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	10,00	---	19,00	---	SI
QSC1		FU-1	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	FG16OR16	1(3G2,5)	10,0	0,28	0,51	---	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,20	0,96	10,00	28,80	13,00	41,76	SI
QSC1		FU-2	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	FG16OR16	1(3G2,5)	10,0	0,28	0,51	---	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,20	0,96	10,00	28,80	13,00	41,76	SI
QSC1		FU-3	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	FG16OR16	1(3G2,5)	10,0	0,23	0,51	---	0,00	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,10	0,48	10,00	28,80	13,00	41,76	SI
QSC1		RIS	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	---	---	---	0,18	0,78	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	10,00	---	13,00	---	SI
QSC1		RIS	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	---	---	---	0,18	0,78	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	10,00	---	13,00	---	SI
QSC1		RIS	2 x 10,00/---	10,00/---/---	100,00/---/---	0,03 - Cl. A	0,84	---	---	---	0,18	0,78	---	---	---	---	---	---	---	0,00	0,00	10,00	---	13,00	---	SI
			/	//	//																					
			/	//	//																					
			/	//	//																					
			/	//	//																					

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI TERRA

Premessa

La presente relazione ha lo scopo di descrivere il dimensionamento dell'impianto di terra che dovrà essere installato per la nuova cabina elettrica a servizio della centrale di Biometano.

Criteri progettuali

L'impianto di messa a terra in oggetto è destinato a realizzare il sistema di protezione dai contatti indiretti denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione".

Il progetto dell'impianto di terra deve soddisfare le seguenti esigenze:

- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni di contatto e le tensioni di passo che si manifestano a causa delle correnti di guasto a terra
- Presentare una sufficiente resistenza meccanica
- Presentare una sufficiente resistenza nei confronti della corrosione
- Essere in grado di sopportare termicamente le più elevate correnti di guasto prevedibili

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in caso di cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali. L'impianto elettrico utilizzatore dovrà avere un proprio impianto di terra al quale dovranno essere collegati tutti i sistemi di masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso. L'impianto di messa a terra dovrà essere rispondente alle norme CEI 64-8 nonché realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza; l'impianto di messa a terra dovrà essere comprensivo dei seguenti singoli elementi:

- dispersori di terra costituiti da elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno onde realizzare il collegamento elettrico con la terra;
- conduttore di terra, in intimo contatto con il terreno, destinato a collegare i dispersori fra di loro e al collettore (o nodo) principale di terra;
- conduttori di protezione, in partenza dal collettore di terra per il collegamento delle masse metalliche degli apparecchi da proteggere (corpi illuminanti, prese a spina ecc.). Non possono essere impiegati conduttori di protezione di sezione inferiore a 6 mmq se non protetti meccanicamente;
- collettore (o nodo) principale di terra nel quale dovranno confluire i conduttori di terra, di protezione e di equipotenzialità;
- conduttori equipotenziali che dovranno assicurare l'equipotenzialità tra le masse e/o masse estranee (parti conduttrici, non facenti parte dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra).

Una volta eseguito l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti dovrà essere realizzata attuando il coordinamento fra impianto di messa a terra e interruttori differenziali. Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo. Affinché detto coordinamento sia efficiente dovrà essere osservata la seguente relazione:

$$Z_a \leq 230(V) / I_a$$

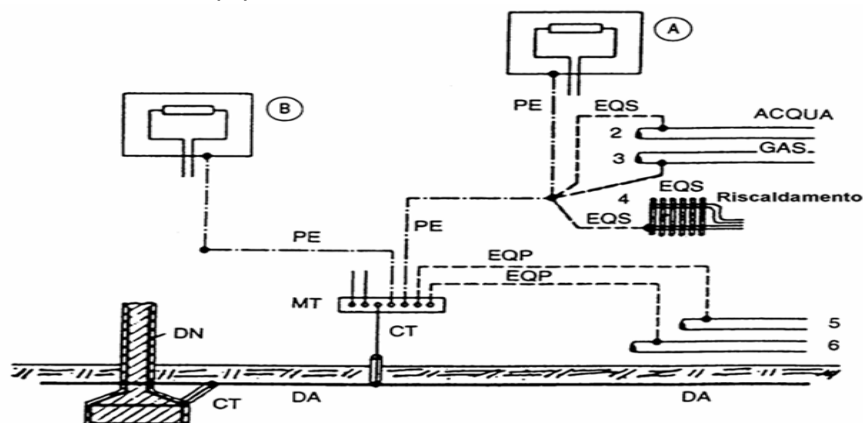
dove R_t è il valore dell'impedenza dell'anello di guasto in ohm ed I_a il più elevato fra i valori in ampere delle correnti differenziali nominali di intervento dei dispositivi posti a protezione dei singoli impianti utilizzatori che provoca il funzionamento automatico entro 5 secondi del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

COMPOSIZIONE DI UN IMPIANTO DI TERRA

Generalità

Per impianto di terra si intende l'insieme dei seguenti elementi:

- dispersori
- conduttori di terra
- collettore o nodo principale di terra
- conduttori di protezione
- conduttori equipotenziali



DA:	Dispersore intenzionale
DN:	Dispersore naturale (di fatto)
CT:	Conduttore di terra (tratto di conduttore non in contatto elettrico con il terreno)
MT:	Collettore (o nodo) principale di terra
PE:	Conduttore di protezione
EQP:	Conduttori equipotenziali principali
EQS:	Conduttori equipotenziali supplementari (per es. in locale da bagno)
A-B	Masse
2,3,4,5,6	Masse estranee

L'impianto di messa a terra deve essere realizzato secondo la Norma CEI 64-8, tenendo conto delle raccomandazioni della "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario" (CEI 64-12); nelle pagine seguenti si riassumono le principali prescrizioni relative agli impianti di bassa tensione.

In ogni impianto utilizzatore deve essere realizzato un impianto di terra unico. A detto impianto devono essere collegate tutte le masse e le masse estranee esistenti nell'area dell'impianto utilizzatore, la terra di protezione e di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori (ove esistenti: centro stella dei trasformatori, impianto contro i fulmini, ecc.).

L'esecuzione dell'impianto di terra va correttamente programmata nelle varie fasi della costruzione e con le dovute caratteristiche. Infatti alcune parti dell'impianto di terra, tra cui il dispersore, possono essere installate correttamente (ed economicamente) solo durante le prime fasi della costruzione, con l'utilizzazione dei dispersori di fatto (ferri del cemento armato, tubazioni metalliche ecc.).

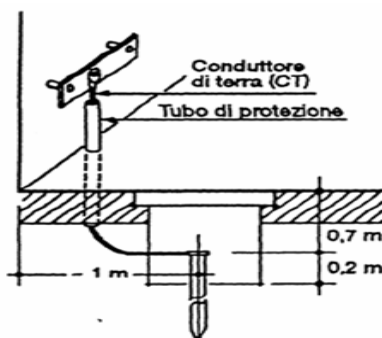
Si andranno adesso a descrivere i componenti principali che costituiscono un impianto di terra.

Dispersore

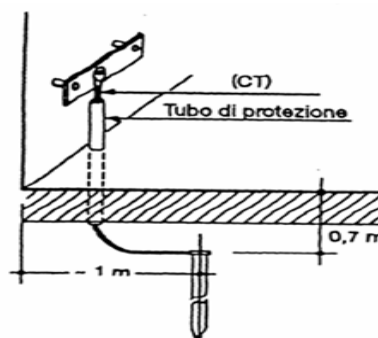
Il dispersore è il componente che permette di disperdere le correnti che possono fluire verso terra. È generalmente costituito da elementi metallici, ad esempio: tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre le cui dimensioni e caratteristiche sono specificate dalla Norma CEI 64-8.

Quando si realizzano dispersori intenzionali, affinché il valore della resistenza di terra rimanga costante nel tempo, si deve porre la massima cura all'installazione ed alla profondità dei dispersori. È preferibile che gli elementi disperdenti siano collocati all'esterno del perimetro dell'edificio.

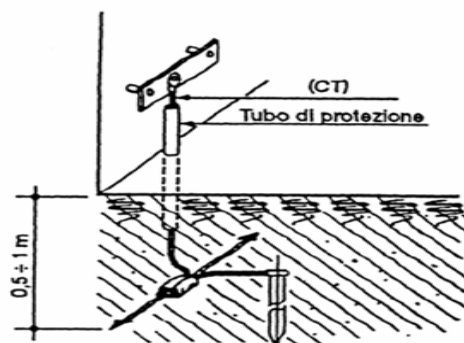
Esempi di dispersori intenzionali:



Picchetto alloggiato in pozzetto con coperchio



Picchetto interrato direttamente (senza pozzetto)



Combinazione di picchetti ed elementi orizzontali. Il collegamento deve essere realizzato mediante morsetto a pressione con viti (evitando il taglio del conduttore)

Conduttori di terra

Sono definiti conduttori di terra i conduttori che collegano i dispersori al collettore (o nodo) principale di terra, oppure i dispersori tra loro. Sono generalmente costituiti da conduttori di rame (o equivalente) o ferro.

I conduttori di terra devono essere affidabili ed avere caratteristiche che ne permettano una buona conservazione ed efficienza nel tempo, devono quindi essere resistenti ed adatti all'impiego.

Per la realizzazione dei conduttori di terra possono essere impiegati:

- corde, piattine
- elementi strutturali metallici inamovibili

I conduttori di terra devono rispettare le seguenti sezioni minime:

Tipo di conduttore	Sezione minima del conduttore di terra
Con protezione contro la corrosione ma non meccanica	16 mm ²
Senza protezione contro la corrosione	25 mm ² in rame 50 mm ² in ferro
Con protezione contro la corrosione e con protezione meccanica	Sezione del conduttore di protezione

Collettore (o nodo) principale di terra

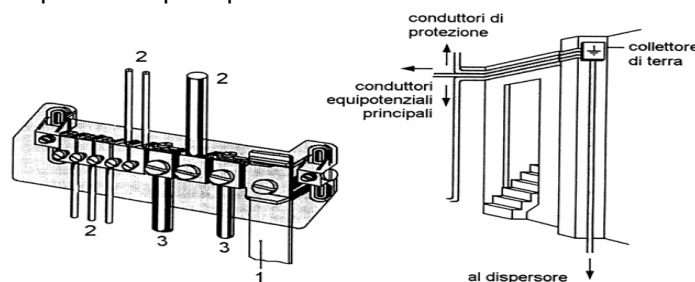
In ogni impianto deve essere previsto in posizione accessibile (per effettuare le verifiche e le misure) almeno un collettore (o nodo) principale di terra.

A tale collettore devono essere collegati:

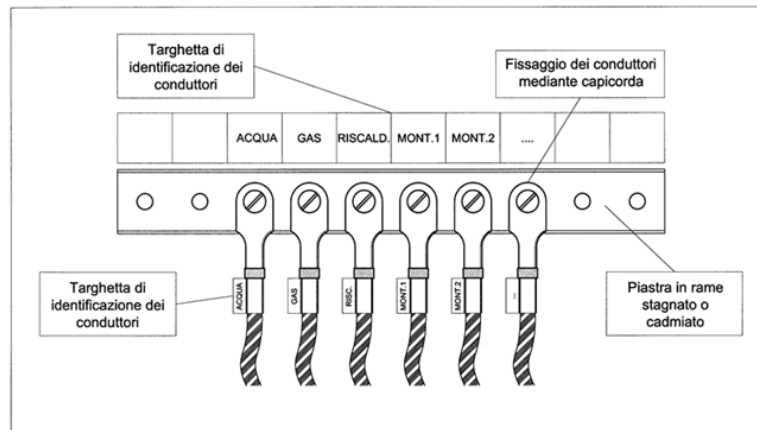
- il conduttore di terra
- conduttori di protezione
- conduttori equipotenziali principali

Ogni conduttore deve avere un proprio morsetto opportunamente segnalato e, per consentire l'effettuazione delle verifiche e delle misure, deve essere prevista la possibilità di scollegare, solo mediante attrezzo, i singoli conduttori che confluiscono nel collettore principale di terra.

Esempi di nodo principale di terra:



- 1 - Conduttore di terra proveniente dal dispersore
2 - Conduttori di protezione
3 - Conduttori equipotenziali principali

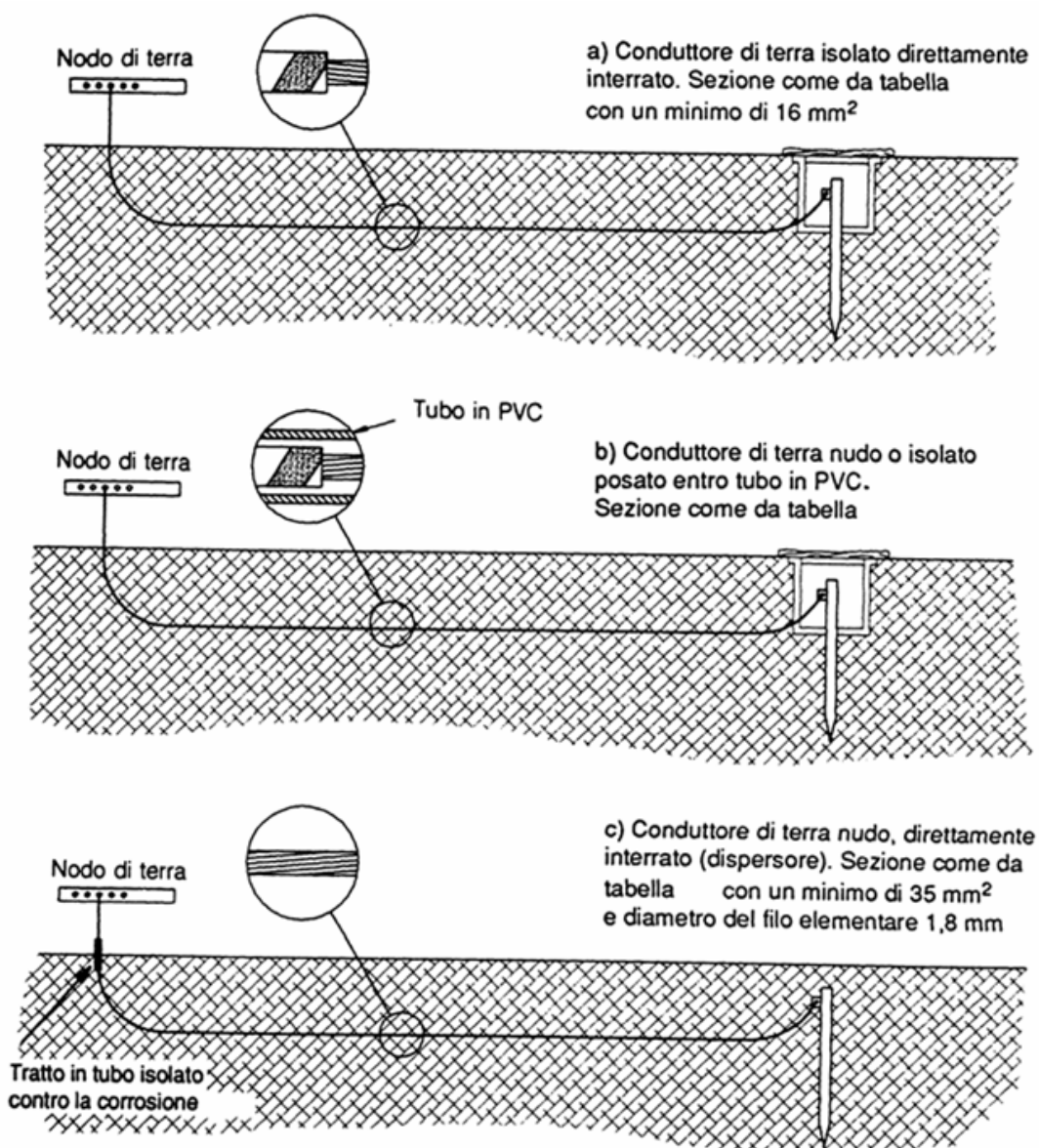


Conduttori di protezione

I conduttori di protezione devono essere distribuiti, insieme ai conduttori attivi, a tutte le masse ed ai poli di terra delle prese di corrente. Le sezioni dei conduttori di protezione dovranno avere una sezione coordinata con i conduttori di fase ad essi associati secondo la seguente tabella:

Sezione del conduttore di fase S (mm ²)	Sezione minima del conduttore di protezione S_{pe} (mm ²)
$S \leq 16$	$S_{pe} = S$
$16 < S \leq 35$	$S_{pe} = 16$
$S > 35$	$S_{pe} = S/2$

Sezione minima dei conduttori di terra interrati:



Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali principali e supplementari devono avere le sezioni indicate nelle tabelle che seguono.

<i>Sezione del conduttore di protezione (mm²)</i>	<i>Sezione del conduttore equipotenziale principale (mm²)</i>
<i>S</i>	<i>Minimo 6 mm²</i>

<i>Tipo di connessione</i>	<i>Sezione del conduttore di protezione (mm²)</i>	<i>Sezione minima del conduttore equipotenziale supplementare S_b</i>
<i>Tra due masse (M1 ed M2)</i>	<i>S_{PE1} ed S_{PE2} (con S_{PE1} ≤ S_{PE2})</i>	<i>S_b ≥ S_{PE1}</i>
<i>Tra massa e massa estranea</i>	<i>S_{PE}</i>	<i>S_{PE}/2</i>
<i>Tra due masse estranee</i>	<i>2.5 mm² con protezione meccanica 4 mm² senza protezione meccanica</i>	
<i>Tra massa estranea e impianto di terra</i>		

COSTITUZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto elettrico risulta essere alimentato tramite una fornitura in Media Tensione.

E' infatti prevista una cabina di trasformazione dimensionata per alimentare l'intero carico elettrico.

Pertanto, gli impianti di alimentazione saranno costituiti da un locale di consegna E-distribuzione (contenente le apparecchiature di protezione e sezionamento dell'Ente Gestore, i quadri di misura ed il quadro di Ricezione) e da un locale UTENTE contenente, tra l'altro, un quadro di Media Tensione, le apparecchiature di trasformazione 15/0,4kV per gli impianti ausiliari ed i relativi quadri di distribuzione.

La struttura sarà dotata disperdente descritto come segue:

L'impianto disperdente della cabina è collegato alla rete di terra della centrale Bio-Metano tramite una corda di rame 95mmq.

Il sistema disperdente sarà composto dai seguenti elementi:

Dispersore Fabbriato cabina di trasformazione

Anello perimetrale interrato a 0,6 m di profondità attorno al fabbricato cabina di consegna e trasformazione;

Sistema di dispersori verticali a picchetto in numero idoneo a ottenere la limitazione delle tensioni di contatto.

Conduttore di terra rame nudo di collegamento centrale BioMetano.

L'impianto di terra della centrale di Biometano non è stato considerato nel calcolo sotto descritto.

Il calcolo della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i dispersori si influenzano reciprocamente; tuttavia si può pensare di valutare, in prima approssimazione, la resistenza totale come parallelo tra le resistenze di ciascuno dei suindicati dispersori.

All'interno del locale verrà realizzato un nodo equipotenziale a cui collegare le masse metalliche del locale stesso tramite piatto di rame di sezione pari a 90 mm². L'installazione a parete dei nodi equipotenziali e delle relative derivazioni alle masse metalliche dovrà essere realizzata mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, a loro volta fissati a parete con viti in acciaio e tasselli in PVC. Al nodo di terra saranno realizzati almeno i seguenti collegamenti equipotenziali:

- Centro stella trasformatori;

- Barra di terra Quadro Generale di Bassa Tensione;
- Barra di terra Quadro di Media Tensione.

DIMENSIONAMENTO

Scelta dei parametri progettuali

I parametri significativi al fine del dimensionamento del dispersore di terra sono il tempo t d'intervento delle protezioni sul sistema, la resistenza di terra R_{tot} del dispersore medesimo e la corrente di terra I_t dispersa.

Secondo quanto indicato all'interno delle Norme CEI 64-8/4, i parametri che saranno presi di riferimento per lo sviluppo della verifica sono i seguenti:

$$t = 10 \text{ s};$$

$$I_g = 40 \text{ A};$$

I dati dovranno essere confermati dall'ente erogatrice.

Per la determinazione della resistenza di terra R_{tot} del dispersore è essenziale conoscere il valore della resistività del terreno; in questa fase si è assunto il valore di:

$$\rho = 200 \Omega \text{m}$$

In riferimento alla relazione geologica che caratterizza il terreno come Limo con sabbia debolmente argilloso-Limo (in generale valore compreso tra 20-200 Ohm-m)

Anche in questo caso sarà cura dell'Appaltatore effettuare le necessarie verifiche strumentali per confermare o correggere il valore attribuito a tale parametro.

Calcolo della resistenza di terra del dispersore

La resistenza di terra dell'intero sistema disperdente può essere calcolata come parallelo delle resistenze dei singoli sistemi componenti, ossia dei dispersori lineari perimetrali (corda 95mmq), dei dispersori verticali a picchetto e del conduttore corda di 95mmq di collegamento alla centrale Bio-Metano.

Calcolo della resistenza dell'anello perimetrale esterno Cabina MT/BT

Il dispersore perimetrale esterno risulta essere costituito, come detto, da corda nuda in rame sez. 95 mm² interrata a profondità di 0,6 m rispetto al piano di calpestio ed avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

Lunghezza	12 m
Larghezza	3,70 m
Perimetro	31,40 m
Area	44,40 m ²

La resistenza di terra di un dispersore così costituito può essere calcolata con la seguente formula:

Nella quale i vari termini assumono i seguenti significati:

- ρE [m] = 200: Resistività del terreno;
- D [m] = 7,52: Diametro del cerchio di area equivalente al dispersore ad anello;
- d [mm] = 12,5: Diametro del conduttore;

Sostituendo i valori alla formula prima citata, avremo il valore:

$$R_m = 22,22 \Omega$$

Calcolo della resistenza del sistema di picchetti verticali fabbricato

Il dispersore lineare, come detto, sarà integrato da un sistema di dispersori verticali a picchetto, costituiti da profilati in acciaio ramato prolungabili infisse nel terreno e collegati al dispersore lineare a mezzo di capocorda in rame bullonati ad appositi collari fissati all'estremità dei picchetti.

I suddetti picchetti, in numero totale di 6, avranno le seguenti caratteristiche geometriche:

- L_p [m] = 3: Lunghezza del singolo picchetto;
- D_p [mm] = 25: Diametro del picchetto.

La resistenza di un singolo picchetto così costituito può essere calcolata con la seguente formula:

$$R_{p1} = \frac{\rho}{2\pi L_p} \ln \frac{4L_p}{D_p};$$

La quale, sostituendo i valori precedentemente esposti, fornisce il valore:

$$R_{p1} = 65,54 \, \Omega$$

Considerando il parallelo dei n°6 picchetti la resistenza complessiva del dispersore verticale assume il valore:

$$R_{Pp1} = R_{p1} / N = 45,54 / 6 = 10,92 \, \Omega$$

Calcolo della resistenza corda di terra collegamento centrale bio-metano

Per la corda di rame nudo interrata orizzontalmente, la formula semplificata comunemente utilizzata è:

$$R_e = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Dove:

R_e è il valore della resistenza (ohm);

ρ è il valore di resistività del terreno (ohm*m);

L è il valore di lunghezza della corda interrata.

Nella quale i vari termini assumono i seguenti significati:

- ρ [m] = 200: Resistività del terreno;
- L [m] = 150: Lunghezza linea

Si ottiene un valore $R_e = 2,7 \, \Omega$.

Calcolo della resistenza complessiva

Pertanto, in base ai risultati calcolati, la resistenza di terra complessiva del fabbricato tecnologico sarà calcolata con la formula:

$$R_{Tot} = \frac{1}{R_1^{-1} + R_2^{-1} + R_3^{-1}}$$

Dove:

R1 è il valore della resistenza di terra dell'anello perimetrale esterno;

R2 è il valore della resistenza dei picchetti di terra;

R3 è il valore della corda di terra di collegamento al centrale biometano

Sostituendo i valori ottenuti alla formula, avremo che il valore complessivo della resistenza di terra del fabbricato è pari a:

$$R_{ft}=1,9 \, \Omega$$

Verifica delle tensioni di passo e di contatto

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che in qualsiasi punto dell'impianto le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono con la corrente di guasto I_g siano superiori ai valori della seguente tabella:

Condizioni di breve durata (EN50522)

Tempo elimin. Guasto [s]	Tensione [V]
0,05	725
0,10	655
0,20	525
0,50	225
1,00	115
2,00	95
5,00	85
10,00	85

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 10s), il valore da non superare è pari a 85V.

Con gli altri valori precedentemente forniti risulta:

$$V_c = I_g \cdot R_{Tot} = 40 \cdot 1,97 = 78,8 \text{ V};$$

valore inferiore al limite definito dalla Norma di 85 V.