



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

PNRR - Misura M2C4 .I4.4
Interventi per la razionalizzazione del sistema di
collettamento e depurazione dei comuni del Roero.
Dismissione impianti di depurazione di Canale Loc.
Cimitero e potenziamento impianto di Canale Loc.
Valpone - I° Lotto
CUP: J61D22000250006 - Cod. locale progetto 2444PIE76

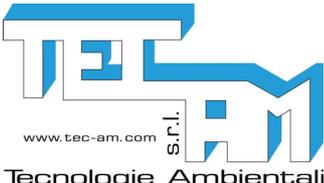
COMMITTENTE:



EGEA acque S.p.A.
Sede legale: Via Vivar, 2
Sede amministrativa: C.so N. Bixio, 8
12051 Alba (CN)

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO E-R.IE.01	TITOLO ELABORATO RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO	SCALA -:-
CONSEGNA Dicembre 2024		

L'APPALTATORE  www.tec-am.com s.r.l. Tecnologie Ambientali	TEC.AM S.r.l. Via Serio, n° 2/A - 24021 Albino (BG) info@tec-am.it www.tec-am.com	I PROGETTISTI  Ingegneria Ambiente S.r.l. INGEGNERIA AMBIENTE Srl via del Consorzio 39 60015 Falconara Marittima (AN) tel.+39 071 9162094 Ing. Enrico Maria Battistoni - Direttore Tecnico
---	--	---

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 1 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	--------------

INDICE

1. PREMESSA E NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	pag.2
2. ALIMENTAZIONE E DATI GENERALI.....	pag.4
3. DESCRIZIONE DELLA SEZIONE DI BASSA TENSIONE.....	pag.9
4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO.....	pag.21
5. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE E FM.....	pag.37
6. CANALIZZAZIONI INTERRATE E A VISTA.....	pag.38
7. SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I GUASTI E PERICOLI DI NATURA ELETTRICA.....	pag.40

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 2 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	--------------

Premessa

Oggetto dei lavori descritti di seguito è l'esecuzione di un nuovo impianto elettrico a servizio del depuratore di Roero in località Valpone e di una stazione di sollevamento in località Cimitero (CN), committente Gruppo EGEA ACQUE. L'impianto di depurazione sarà soggetto ad interventi di ampliamento dal punto di vista tecnologico ed elettrico per mezzo della realizzazione di nuove strutture da dedicare al trattamento di depurazione finalizzato ad aumentare la quantità di refluo da trattare. L'edificio attuale che ospita vari locali tecnici non sarà modificato in termini di manufatti e volumetrie ma saranno rivisti gli spazi interni, specie al piano terra per creare un nuovo locale dedicato alle soffianti biologiche.

Il nuovo impianto elettrico e l'automazione saranno realizzati sulla base delle scelte progettuali relative al processo, inteso sia nella filiera depurativa della linea acque, la linea fanghi ed il loro dewatering. In località Cimitero, l'impianto subirà un decommissioning e quindi sarà smantellato, lasciando attiva la stazione di sollevamento che servirà ad alimentare il depuratore vero e proprio in loc. Valpone. Lo spazio che si creerà a seguito di questo smantellamento permetterà la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 79kW.

L'obiettivo della progettazione è dunque quello di realizzare un nuovo impianto elettrico dimensionato sulla base delle potenze future e di tutto il parco macchine previsto a seguito dell'ampliamento.

Norme di riferimento

La progettazione e la realizzazione degli interventi in questione avverranno in conformità alle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) ed alle prescrizioni derivanti dal Legislatore mediante decreti o leggi.

In particolare, la redazione del progetto avverrà in accordo delle seguenti Norme e Leggi:

Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";

Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";

Norma CEI 11-1 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali."

Legge del 1° marzo 1968 n. 186 "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici".

Legge del 18/10/77 Attuazione direttiva CEE per il materiale elettrico.

Decreto Ministeriale n°37 del 22 gennaio 2008 "Norme per la sicurezza degli impianti"

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 3 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	--------------

Decreto Legislativo n°81 del 9 aprile 2008: “Testo unico sulla salute e sulla sicurezza sul lavoro”;
Regolamento CPR 305/2011 per quanto riguarda la scelta delle tipologie di isolanti impiegati nei cavi elettrici.

Le norme e le leggi riguardanti specificatamente i componenti, le apparecchiature e i materiali da impiegare o installare al momento della realizzazione dell'impianto vengono riportate all'interno del disciplinare in corrispondenza delle specifiche sezioni. La stessa cosa dicasi per le caratteristiche specifiche dei dispositivi.

Alimentazione e dati generali

Apparecchiature di progetto		n°	kW nominali
		(-)	kW
Installate Loc. Valpone	Griglia grossolana	1	1,5
	Sollevamento iniziale	1+1R	12,5
	Rotostaccio	1	0,55
	Compattatore	1	4,00
	Miscelatori equalizz.	1	2,5
	Compressore equalizzazione	1	3
	Sollevamento equalizzazione	1+1R	5,9
	Miscelatore verticale biologia	2	2,2
	Compressore biologia ¹	1+1R	55
	Lampada riscaldamento IR	1	2,00
	Carroponte+lampada IR	1	2,6
	Ricircolo fanghi e supero	1+1R	2,2
	Compressore stab.aerobica	2+1R	22
	Pompa soll. Fango a DW	2	5,5
	Pompa dosaggio defosfatante	1+1R	0.37
	Pompa dosaggio disinfettante	1	0.37
	Autoclave	1	4
Paranco	1		
Installate Cimitero	Sollevamento	1+1R	12,50

È prevista l'installazione di:

- N.2 misuratori di portata a monte e uno a valle dell'impianto;
- N.1 misuratore di portata a valle dell'equalizzazione;
- N.3 misuratori di livello nel comparto di ossidazione;
- N.2 misuratori di ossigeno nel comparto di ossidazione;
- N.2 misuratori del potenziale redox nel comparto di ossidazione;
- N.1 misuratore di solidi sospesi nel comparto di ossidazione;

Seguono le caratteristiche generali del progetto:

- tipo di impianto: impianto elettrico utilizzatore di categoria II, alimentazione da cabina privata;
- punti di origine: quadro MT posto in cabina;
- sistema di fornitura: corrente alternata trifase con neutro, frequenza nominale 50 Hz;
- sistema di distribuzione: sistema TN-S (neutro del sistema a terra nella cabina di trasformazione, le masse collegate allo stesso impianto di terra mediante il conduttore di protezione PE), con

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 5 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	--------------

impianto di terra comune a tutte le sezioni di impianto;

- caduta di tensione massima ammissibile: $\leq 4\%$ per tutte le utenze;
- tensione nominale: 15/0,4 kV
- potenza nominale trasformatore previsto a progetto: 250 kVA (tensione di corto circuito $V_{cc}=6\%$).

Il punto di consegna è in media tensione ed è posto presso la sezione in media tensione della cabina elettrica di nuova fornitura presente all'ingresso dell'impianto. All'interno della cabina di trasformazione è presente un quadro elettrico generale di distribuzione, dal quale hanno origine tutte le linee elettriche esistenti, una cabina misure e un locale di consegna ad uso esclusivo dell'ente fornitore della media tensione.

¹ È stata considerata una riduzione della potenza della macchina pari al 75% in quanto dotata di inverter.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 6 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	--------------

Descrizione della sezione in bassa tensione

Descrizione della configurazione della distribuzione dell'energia elettrica all'interno dell'impianto

Le linee elettriche in bassa tensione hanno tutte origine dal quadro generale di bassa tensione a valle del nuovo trasformatore presso la cabina MT/BT. Una linea principale di bassa tensione si dirama da qui verso il quadro Power Center installato all'interno del nuovo locale quadri elettrici (ex-locale soffianti). Da questo quadro generale ovvero dai quadri MCC, le linee di bassa tensione si andranno su tutta l'area dell'impianto per raggiungere le varie opere elettromeccaniche presenti presso i comparti del depuratore siano esse esistenti che di progetto.

Tutte le linee sono composte da tre conduttori di fase, da un conduttore di neutro e il conduttore di protezione. Segue la descrizione degli interventi previsti a progetto:

- Fornitura e posa in opera di una nuova cabina prefabbricata rispondente ai requisiti standard richiesti da E-Distribuzione per l'allaccio alla media tensione. Questo locale sarà suddiviso in due vani: un locale misure ed un locale per il quadro MT di E-Distribuzione.
- Fornitura e posa in opera di nuovo locale di trasformazione MT/BT di proprietà della stazione appaltante, per alloggiare i nuovi asset di trasformazione e distribuzione della bassa tensione. Anche questo locale potrà essere prefabbricato ovvero realizzato in sito.
- Fornitura e posa in opera di nuova cella di arrivo cavi e protezione trasformatore in media tensione;
- Fornitura e posa in opera di un nuovo trasformatore in resina da 250 kVA per la trasformazione in bassa tensione a 400V affiancato da un quadro di rifasamento automatico collegato il nuovo quadro generale di bassa tensione;
- Smantellamento di tutta la quadristica esistente, così come delle linee di potenza, di segnali, delle vie cavi interrati e di quelle a vista;
- Fornitura e posa in opera di un quadro generale con barrature da 400A per la distribuzione primaria della bassa tensione. Da questo quadro, si alimenterà il nuovo power center presso il locale tecnico esistente e quindi tutte le utenze d'impianto;
- Fornitura e posa di due nuovi generatori elettrici (uno per l'impianto di Valpone e uno per Cimitero) di potenza nominale non superiore a 25kW per alimentare solo alcune utenze strategiche (sollevamenti interni) che saranno selezionate dal PLC generale tramite apposita logica di funzionamento. Questa

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 7 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	--------------

macchina sarà posata su di una platea dedicata realizzata in cls armato ed immetterà energia direttamente al nuovo power center in sala quadri. La commutazione rete/gruppo avverrà tramite apposito dispositivo automatico (doppio sezionatore con interblocco) o tramite interruttori motorizzati interbloccati;

- Distribuzione BT: la sezione di distribuzione svolge il compito di fornire l'energia elettrica a tutte le macchine installate e di proteggere le linee utilizzate a tale scopo. Oltre alle linee, questa sezione comprende anche i quadri di distribuzione di potenza, di comando e controllo macchine (es. quadri bordo macchina, quadri MCC e prese FM). La sezione di alimentazione e controllo motori sarà ripartita in tre quadri MCC: per il sollevamento e pretrattamenti, per la biologia e sedimentazione e per la filiera della stabilizzazione aerobica fanghi. Tutta questa nuova quadristica sarà alloggiata nell'attuale locale soffianti che sarà riconvertito a locale quadri elettrici. Sul fronte quadro di ogni MCC saranno previsti led per le segnalazioni luminose in parallelo di AVARIA MOTORE e SEZIONAMENTO IN CAMPO (un solo led giallo) e MARCIA (un solo led bianco) per le sole macchine con partenza diretta e AVARIA MOTORE, SEZIONAMENTO IN CAMPO e AVARIA INVERTER (due led gialli) e MARCIA (un solo led bianco) per le utenze dotate di inverter. Completano queste dotazioni e un selettore a tre posizioni per la scelta di gestione della macchina (AUT/0/MAN) ed un selettore unico a due posizioni (unico per tutte le macchine) per l'esclusione del PLC e l'abilitazione per il funzionamento manuale;

- Fornitura e posa in opera, per ogni macchina, di una colonnina in campo con selettore a due posizioni (0/1) con ritorno a molla per funzione di prova marcia post-manutenzione da parte dell'operatore. Nel caso fosse necessario che una macchina operi l'inversione del senso di marcia, tale colonnina in campo avrà un ulteriore selettore per la marcia avanti/indietro;

- L'attuale sala soffianti che sarà adibita a locale per i nuovi quadri elettrici sarà oggetto di interventi edili per rimuovere l'attuale materiale fonoassorbente, livellare e piastrellare il pavimento, intonacare e tinteggiare le pareti ed adeguare tutte le forometrie per il passaggio cavi;

- Dal power center sarà altresì alimentato un UPS monofase il quale a sua volta proteggerà il nuovo quadro di automazione (o Q.PLC). In questo quadro si troveranno tutti gli interruttori di protezione delle linee degli strumenti di processo in campo (sonde, misuratori di portata, di livello, ecc), gli hardware di telecomunicazione (router 4g, modem gsm, switch di rete, panel server, ecc) e l'hardware per il funzionamento dell'intero impianto (PLC-CPU, remote I/O, touch panel, PC panel per la gestione avanzata del processo biologico, ecc);

- Automazione dislocata: la sezione di automazione è composta dai quadri installati sul campo o a bordo macchina e ciò vale per tutte le utenze fornite dalla casa madre di proprio quadro e quindi di proprio PLC. Questi quadri di potenza/automazione "locali" vengono talvolta forniti insieme alle macchine installate presso i vari comparti. Laddove venga meno questa affermazione, si provvederà alla progettazione del quadro di automazione sopra descritto. La sezione di automazione è sempre divisa in due circuiti:

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 8 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	--------------

- Circuito di potenza: quella parte del circuito che alimenta e protegge le apparecchiature poste all'interno del quadro e gli strumenti di campo. Il circuito di potenza è composto da interruttori automatici monofase, fusibili e trasformatori;
- Circuito di comando: circuito che regola l'automazione delle macchine mediante relè, temporizzatori o eventuali controllori logici programmabili.
- In tutta l'area esterna dell'impianto, sarà prevista una serie di punti luci a led per
- l'illuminazione esterna. Questi saranno posti su pali stradali o fissati a parete e dislocati in otto punti, dall'ingresso, ai pretrattamenti, alla nuova area per la stabilizzazione aerobica o per illuminare lo spazio antistante la palazzina tecnica. Il punto luce vicino l'ingresso sarà automatizzato da sensore crepuscolare per fornire illuminazione anche di notte.
- Fornitura e posa di nuova illuminazione a led interna per il nuovo locale soffianti previsto a piano terra.
- Per il sezionamento di potenza in campo di ogni macchina a partenza diretta o con inverter, saranno forniti e posati dei decontattori (sistema spina+presa) di tipo Marechal. Questo sistema permetterà la disalimentazione di ogni motore in totale sicurezza e senza la presenza di personale qualificato (PES, PAV, ecc);
- Fornitura e posa in opera di nuove prese FM (forza motrice), da 16A sia monofase che trifase per agevolare l'operatore in eventuali interventi di manutenzione alle macchine e quindi l'alimentazione di strumenti.
- Per la posa esterna di tutte le nuove linee elettriche saranno previste nuove canalizzazioni non asolate in acciaio zincato, dotate di coperchio mentre la posa interrata sarà fatta mediante polifore (o cavidotti corrugati a doppia parete) di diametri variabili (90÷160 mm);

Descrizione dell'alimentazione delle nuove opere elettromeccaniche

Le nuove opere elettromeccaniche previste verranno alimentate mediante linee trifase con neutro e conduttore di protezione o linee monofase con conduttore di protezione, a seconda della natura e delle caratteristiche delle utenze da alimentare. La sezione dei cavi sarà determinata in base al tipo di carico da alimentare e alle sue caratteristiche nominali

Criteri di dimensionamento

Cenni teorici sul dimensionamento dei cavi

La scelta della sezione dei cavi deve tenere conto di due condizioni: il cavo deve avere una portata sufficiente a sopportare la corrente d'impiego della macchina senza danneggiarsi a causa della temperatura raggiunta e l'impedenza del cavo deve essere tale da garantire una caduta di tensione lungo la linea minore o uguale a quella ammissibile.

Per la determinazione della corrente di impiego I_b si utilizzano le seguenti formule:

$$I_b = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi_t} \quad \text{per carico trifase}$$

$$I_b = \frac{P_c}{V_n \cdot \cos \varphi_t} \quad \text{per carico monofase}$$

$$I_b = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot V_n} \quad \text{per carico trifase}$$

$$I_b = \frac{S_c}{V_n} \quad \text{per carico monofase}$$

Dove:

- V_n = tensione nominale [V]
- P_c = potenza attiva convenzionale [W]
- S_c = potenza apparente convenzionale [VA]
- $\cos \varphi_t$ = fattore di potenza totale della linea

La potenza attiva convenzionale si determina mediante la formula

$$P_c = \sum P \cdot k_u \cdot k_c$$

Dove:

- $\sum P$ è la somma di tutte le potenze attive assorbite dalle macchine alimentate dalla stessa linea;
- k_u = fattore di utilizzazione delle macchine
- k_c = fattore di contemporaneità delle macchine

La potenza apparente convenzionale deriva dalla formula:

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 10 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

$$\sqrt{SP_c^2 + Q_c^2}$$

Dove Q_c rappresenta la somma di tutte le potenze reattive richieste dai carichi moltiplicata per i parametri k_u e k_c di cui sopra.

Portata del cavo

La portata del cavo nelle reali condizioni di funzionamento I_z dovrà soddisfare la relazione

$$I_b \leq I_z$$

La portata del cavo I_z dipende dalla sezione del conduttore preso in considerazione, dal tipo di isolante e dall'influenza di eventuali sovratemperature dovute agli effetti di circuiti adiacenti e della temperatura ambiente stessa. Si determina mediante la formula:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

Dove:

- I_0 = portata del cavo riportata dalla norma CEI-UNEL 35024/1
- k_1 = fattore di correzione per temperature diverse da quelle previste (30°C per la posa in aria – 20°C per la posa interrata)
- k_2 = fattore di correzione che tiene conto degli effetti dei circuiti installati nelle vicinanze
- k_3 = fattore da applicare in caso di posa interrata ad una profondità diversa da 0,8 m
- k_4 = fattore di correzione che tiene conto della resistività termica del terreno. In caso di posa in aria, i fattori 3 e 4 non vengono presi in considerazione.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 11 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Caduta di tensione

Come già accennato, l'impedenza del cavo comporta una caduta di tensione registrabile ai capi del carico che la linea andrà ad alimentare. Affinché i carichi possano continuare a lavorare senza problemi, la caduta di tensione totale per ogni carico dovrà essere minore del 4% della tensione nominale del sistema di distribuzione. Seguono le formule utilizzate per la determinazione della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \cdot 2I_b (R_l \cos \varphi_t + X_l \sin \varphi_t)}{V} \quad \text{per linee monofase}$$

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \cdot 3I_b (R_l \cos \varphi_t + X_l \sin \varphi_t)}{n \cdot V} \quad \text{per linee trifase}$$

Dove:

- R_l = resistenza della linea
- X_l = reattanza (induttiva) di linea
- $\cos \varphi_t$ = fattore di potenza del carico
- $\sin \varphi_t = \sin(\arccos(\cos \varphi_t))$
- V_n = tensione nominale della linea in considerazione (230 V per linea monofase, 400 per linea trifase)

Dato che le macchine o i quadri da alimentare sono situati nelle vicinanze del quadro elettrico generale dell'impianto, il calcolo della caduta di tensione verrà effettuato esclusivamente per verificare l'idoneità del cavo scelto.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 12 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Protezione contro i corto circuiti (CEI 64.8/4 - 434.3). Valore massimo di energia specifica passante per il cavo

Affinché una linea risulti essere protetta dal cortocircuito è necessario verificare che l'energia lasciata passare dall'interruttore durante il suo tempo di intervento sia minore dell'energia massima sopportabile dal cavo.

L'energia specifica passante dipende dall'intensità della corrente di corto circuito sulla linea e dal tempo in cui permane, dipendente dalla taratura delle protezioni coordinate ad un determinato conduttore.

Il cavo si considererà protetto quando risultano essere verificate le seguenti disequazioni:

$$\int_0^{t_i} I^2 dt \leq K^2 \cdot S^2$$

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

$$I_{ccMax} \leq p.d.i.$$

Dove:

- I_{ccMax} = Corrente di corto circuito massima
- p.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- $I^2 t$ = Energia specifica passante per la durata di corto circuito (A^2/mm^2)
- I = Corrente effettiva in caso di guasto
- t = Tempo di intervento delle protezioni
- K = Coefficiente secondo CEI 64-8 434.3.2 (rame isolati in PVC 115, rame isolati XLPE- EPR 143)
- S = sezione dei conduttori in mm^2

La determinazione della corrente di corto circuito tiene conto della potenza presunta di corto circuito nella rete d'alimentazione, dell'impedenza dei trasformatori e dell'impedenza della linea.

La valutazione della corrente di corto circuito va quindi compiuta per le situazioni estreme, corrispondenti rispettivamente al calcolo della corrente di corto circuito massima nel punto d'origine d'ogni conduttura e quella minima al suo termine (in corrispondenza dei morsetti di collegamento al successivo elemento della rete o dei morsetti di collegamento al carico).

La corrente di corto circuito massima in un sistema trifase si ha per corto circuito trifase nel punto

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 13 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

d'origine della condotta; la sua conoscenza è indispensabile per stabilire il potere di interruzione

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 14 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

del dispositivo di protezione. La corrente di corto circuito minima si ha per guasto fase-fase o fase-neutro (se il neutro è distribuito) o per guasto fase-massa nel punto della conduttura più lontano dall'origine: la sua conoscenza è richiesta per la verifica del corretto intervento delle protezioni in corrispondenza di tali valori di corrente.

Si considerano quindi i seguenti guasti:

- corrente di corto circuito massima;
- corrente di corto circuito massima fase-neutro o fase-fase (se il neutro non è distribuito);
- corrente di corto circuito minima fase-neutro o fase-fase (se il neutro non è distribuito);
- corrente di corto circuito massima fase-conduttore di protezione (solo nel caso di sistema TN);
- corrente di corto circuito minima fase-conduttore di protezione (solo nel caso di sistema TN).

Laddove si utilizzi un solo dispositivo per la protezione dalle sovracorrenti di qualsiasi natura, la relazione indicata sopra è sempre verificata.

Sovraccarico (CEI 64.8/4 - 433.2)

Per le condizioni di sovraccarico dobbiamo rispettare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura nelle reali condizioni di funzionamento
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione (per i dispositivi regolabili è la corrente di regolazione scelta)
- I_f = Corrente che assicura l'effettivo intervento del dispositivo di protezione.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 15 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Formule utilizzate per il calcolo delle correnti di cortocircuito

Come accennato precedentemente, in un sistema di distribuzione trifase esistono tre tipi di correnti di cortocircuito. Seguono le formule utilizzate per determinare la loro intensità:

$$I_{cc} = \frac{V \cdot C}{k \cdot Z_{cc}}$$

Dove:

- V = tensione nominale concatenata
- C = fattore di tensione
- k = coefficiente di correzione
- Z_{cc} = impedenza equivalente di cortocircuito

A seconda di quale corrente di deve determinare, all'interno della relazione indicata sopra si dovranno sostituire i seguenti parametri:

- Cortocircuito trifase:

- $k = \sqrt{3}$

- $Z_{cc} = \sqrt{(R_{rete} + \sum R_{fase})^2 + (X_{rete} + \sum X_{fase})^2}$

- Cortocircuito fase-fase:

- $k = 2$

- $Z_{cc} = \sqrt{(R_{rete} + \sum R_{fase})^2 + (X_{rete} + \sum X_{fase})^2}$

- Cortocircuito fase-neutro:

- $k = \sqrt{3}$

- $Z_{cc} = \sqrt{(R_{rete} + \sum R_{fase} + \sum R_{neutro})^2 + (X_{rete} + \sum X_{fase} + \sum X_{neutro})^2}$

- Cortocircuito fase-conduttore di protezione:

- $k = \sqrt{3}$

- $Z_{cc} = \sqrt{(R_{rete} + \sum R_{fase} + \sum R_{protezione})^2 + (X_{rete} + \sum X_{fase} + \sum X_{protezione})^2}$

Il fattore di tensione e la resistenza dei cavi assumono valori differenti secondo la corrente di cortocircuito calcolata. I valori assegnati sono riportati nella tabella seguente:

	I_{ccMAX}	I_{ccmin}
C	1	0.95
R	$R_{20^{\circ}\text{C}}$	$R = \left[1 + 0.004 \times (\theta - 20^{\circ}\text{C}) \right] R_{20^{\circ}\text{C}}$ (CEI 11.28 Pag. 11 formula (7))

dove $R_{20^{\circ}\text{C}}$ la è la resistenza del cavo a 20 °C e θ_e è la temperatura impostata dall'utente nella impostazione dei parametri per il calcolo.

Il valore della $R_{20^{\circ}\text{C}}$ viene riportato nella tabella "Resistenze e Reattanze" riportata di seguito.

Tabella delle resistenze e delle reattanze dei cavi elettrici secondo la tabella UNEL 35023-70 (a 20°C).

Sezione mm ²	Cavi unipolari		Cavi Multipolari	
	$R_{20^{\circ}\text{C}}$ mΩ/m	X mΩ/m	$R_{20^{\circ}\text{C}}$ mΩ/m	X mΩ/m
1	17,82	0,176	18,14	0,125
1,5	11,93	0,168	12,17	0,118
2,5	7,18	0,155	7,32	0,109
4	4,49	0,143	4,58	0,101
6	2,99	0,135	3,04	0,0955
10	1,80	0,119	1,83	0,0861
16	1,137	0,112	1,15	0,0817
25	0,717	0,106	0,731	0,0813
35	0,517	0,101	0,527	0,0783
50	0,381	0,101	0,389	0,0779
70	0,264	0,0965	0,269	0,0751
95	0,190	0,0975	0,194	0,0762
120	0,152	0,0939	0,154	0,0740
150	0,123	0,0928	0,126	0,0745
185	0,0992	0,0908	0,100	0,0742
240	0,0760	0,0902	0,0779	0,0752
300	0,0614	0,0895	0,0629	0,0750
400	0,0489	0,0876	0,0504	0,0742
500	0,0400	0,0867	0,0413	0,0744
630	0,0324	0,0865	0,0336	0,0749

N.B: Le resistenze e le reattanze per i cavi multipolari sono utilizzate per l'eventuale cavo di

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 17 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

collegamento tra il trasformatore e il quadro generale di bassa tensione.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 18 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Protezione dai contatti diretti

La protezione dai contatti diretti sarà attuata tramite l'isolamento delle parti attive con ricoperture isolanti, ponendo gli elementi entro involucri apribili solamente mediante attrezzo o in zone difficilmente accessibili.

Tutte le operazioni di manutenzione riguardanti l'impianto elettrico devono essere effettuate togliendo tensione alla sezione di impianto interessata e impedendo il riallacciamento mediante opportuno blocco a chiave.

Protezione dai contatti indiretti (CEI 64.8 / 413.1.3.3 / 413.1.4.2 / 413.1.5.3 / 413.1.5.5 / 413.1.5.6)

La protezione dai contatti indiretti è realizzata mediante la messa a terra delle masse presenti all'interno dell'impianto e tramite l'utilizzazione, sui circuiti terminali, di interruttori differenziali aventi corrente nominale differenziale di intervento I_{dn} regolabile da 30 a 25000 mA per l'interruttore generale (tarata a 0,3 A e 0,3 secondi di intervento) e I_{dn} 30 mA per le linee terminali. Deve essere verificata la seguente relazione in accordo alla CEI 64-8/4 413.1.3.3 :

per sistemi TT:

$$R_a I_a \leq 50$$

Dove:

- R_a = è la somma delle resistenze del dispersore e del conduttore di protezione in ohm
- I_a = è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione, in ampere

per sistemi TN:

$$Z_s I_a \leq U_0$$

Dove:

- U_0 = Tensione di fase dipendente dal tempo di intervento delle protezioni e d'interruzione delle protezioni (vedasi tabella seguente)

Tensione di fase U_0	Tempo d'interruzione (s)	
	Condizioni ordinarie	Condizioni particolari
120	0,8	0,4
230	0,4	0,2
400	0,2	0,06
>400	0,1	0,02

Valori della tensione di fase in funzione del tempo di intervento della protezione

- Z_s = Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo e di protezione tra punto di guasto e la sorgente.

- I_a = Valore in ampere, della corrente di intervento in 5 sec. o secondo le tabelle CEI 64.8/4

- 41A e/o 48A del dispositivo di protezione. per sistemi IT:

$$R_t I_d \leq 50$$

Dove:

- R_t = è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse, in ohm;

- I_d = è la corrente di guasto nel caso di primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed una massa, in ampere. Il valore di I_d tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto

Non è necessario interrompere il circuito in caso di singolo guasto a terra.

Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto sono:

- quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente, le condizioni sono date nell'art. 413.1.4 Norma CEI 64.8/4 come per i sistemi TT;

- quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione, si applicano le prescrizioni relative al sistema TN ed in particolare:

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 20 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

$$Z_s \leq \frac{U}{2 * I_a}$$

quando il neutro non è distribuito

$$Z_s \leq \frac{U_0}{2 * I_a}$$

quando il neutro è distribuito

Dove:

- U_0 = è la tensione nominale in c., valore efficace, tra fase e neutro;
- U = è la tensione nominale in c., valore efficace, tra fase e fase;
- Z_s = è l'impedenza dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione del circuito;
- Z'_s = è l'impedenza del circuito di guasto costituito dal conduttore di neutro e dal conduttore di protezione del circuito;
- I_a = è la corrente che interrompe il circuito entro il tempo specificato dalle tabelle CEI 64.8/4 – 41B e/o 48A, od entro 5 s per tutti gli altri circuiti, quando questo tempo è permesso.

Ai fini della protezione dei contatti indiretti, si ricordano le definizioni di “massa” e “massa estranea” riportate all'interno della norma CEI 64-08:

- Massa: “tutte le parti conduttrici, facenti parte dei componenti elettrici e che possono essere toccate, che non sono in tensione in condizioni normali di funzionamento, ma possono andare in tensione, in caso di guasto, se si verifica il cedimento dell'isolamento principale”.
- Massa estranea: “parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico, in grado di introdurre un potenziale, generalmente di quello di terra”. Queste andranno collegate all'impianto di terra quando la loro resistenza è inferiore a 1000 Ω in ambienti ordinari e 200 Ω in ambienti particolari.

Dimensionamento dell'impianto elettrico

Si riporta di seguito una descrizione delle linee elettriche in progetto e dei quadri. I cavi utilizzati saranno tutti dotati di doppio isolamento e tensioni nominali U_0/U pari a 0,6/1 kV per assicurare la protezione dai contatti indiretti in caso di condutture in materiale non isolante; con l'installazione di questi cavi, le condutture non isolanti verranno considerate equivalenti ai dispositivi di classe

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 21 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

seconda, e quindi non necessitano di essere collegate al conduttore di protezione. Per il cablaggio dei circuiti ausiliari di comando, si prevede l'impiego di cavi FG16-OR16.

La protezione dei carichi sarà solitamente affidata a interruttori automatici in grado di rilevare la corrente su tutti i conduttori della linea e interromperli in caso di sovracorrente. Per interruttore automatico si intende un dispositivo in grado di proteggere la linea e la macchina sia dal sovraccarico, sia dal cortocircuito. Dato che la corrente di spunto dei motori è maggiore di quella assorbita in condizioni di funzionamento a regime, gli interruttori previsti per la loro protezione non dovranno intervenire troppo tempestivamente.

Le linee di alimentazione dei quadri verranno installate all'interno di cavidotti corrugati interrati, mentre le linee terminali verranno installate all'interno di canaline in acciaio zincato staffate a parete o a bordo vasca.

Gli interventi sull'impianto esistente si concentreranno esclusivamente sui quadri elencati di seguito. In allegato si riportano i dettagli dei calcoli svolti per la determinazione delle sezioni dei cavi e delle relative protezioni.

Analisi dei carichi

Carichi previsti.

Apparecchiature		n° (-)	kW unitari kW
Installate Loc. Valpone	Griglia grossolana	1	1,5
	Sollevamento iniziale	1+1R	12,50
	Rotostaccio	1	0,55
	Compattatore	1	4,00
	Miscelatori equalizz.	2	3,00
	Compressore equalizz. ³	1	3,00
	Sollevamento equalizzazione	1+1R	5,90
	Miscelatore verticale ox.	1	2,2
	Compressore ox. ⁴	1+1R	55
	Lampada IR per carroponte esistente	1	2,00
	Carroponte+lampada IR	1	2,6
	Ricircolo fanghi e supero	1+1R	2,20
Installate Cimitero	Sollevamento	1+1R	12,50

Impianto di terra

Nei pressi della nuova cabina elettrica verrà realizzato un nuovo impianto di terra costituito da corde di rame nudo aventi sezione 35 mm² e 4 picchetti in acciaio zincato aventi dimensioni 50x50x5x1500 mm posti in corrispondenza degli angoli del fabbricato. Il nuovo impianto di terra si collegherà all'esistente (a sua volta adeguato in base ai nuovi manufatti), rappresentando di fatto un suo ampliamento.

Per quanto riguarda il nuovo comparto di sollevamento e stabilizzazione aerobica, i ferri di armatura del nuovo manufatto verranno collegati all'impianto di terra esistente.

Dimensionamento PE

Il dimensionamento della sezione dei conduttori di protezione avverrà tenendo conto sia della corrente massima di dispersione ammessa dagli interruttori differenziali, sia utilizzando la seguente formula:

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 23 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

$$S = \frac{\sqrt{I_g^2 t}}{K}$$

Dove:

- I_g è il valore in A della corrente di guasto franco a terra;
- t è il tempo d'interruzione del guasto;
- K valori ricorrenti adottati e contemplati dalla CEI 64-8/4 a seconda dei conduttori.

Il dimensionamento del PE terrà conto delle sollecitazioni meccaniche ed elettriche relative alle energie specifiche passanti.

La dispersione della corrente nel terreno

Il terreno funge da conduttore delle correnti di guasto uscenti dai dispersori.

Questo tratto di circuito si presenta con caratteristiche del tutto particolari rispetto a quelle degli ordinari conduttori metallici. Il conduttore metallico ha resistenza proporzionale alla lunghezza perché la sezione disponibile per il passaggio della corrente è costante, cosa non sempre verificata nel terreno.

Il dispersore presenta rispetto al terreno a potenziale indisturbato due tipi di resistenze:

- una resistenza di contatto metallo-terreno che dipende unicamente dalle condizioni della superficie degli elettrodi e da quelle del terreno immediatamente aderente;
- una resistenza di immissione della corrente nel terreno, chiamata resistenza di terra, che dipende dalla forma, dalle dimensioni degli elettrodi e dalla resistività del terreno.

La resistività del terreno

La resistività del terreno corrisponde alla resistenza che presenta, tra due facce opposte, un cubo di terreno delle dimensioni di 1 m x 1 m x 1 m (il valore è espresso perciò in Ωm).

La resistività è una delle più grosse incognite del problema della valutazione della resistenza di terra perché è influenzata non solo dal tipo di terreno, ma anche dalla percentuale di acqua che contiene e, nelle zone urbane, dalla presenza di tubazioni interrato.

La resistività si può misurare mediante dispersori campione oppure valutare approssimativamente in funzione del tipo di terreno.

La valutazione preliminare è indispensabile per prevedere, almeno grossolanamente, la consistenza

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 24 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

del dispersore in sede di progetto con il metodo semplificato di calcolo descritto al punto seguente.

La resistività del terreno può anche essere misurata con uno specifico ohmmetro a bobine incrociate.

L 'influenza reciproca

Ciascun dispersore elementare (corda, picchetto, sistema magliato) può essere connesso in parallelo ad altri dispersori. Detta connessione in parallelo può sussistere a patto che i singoli dispersori siano disposti ad una distanza reciproca (funzione della lunghezza e del tipo di dispersore) tale da consentirne l'indipendenza funzionale.

Calcolo preliminare della resistenza di terra

Il calcolo della resistenza di terra in questo caso non è necessario, in quanto non si andrà a rifare ad ex-novo l'impianto di terra. Esso verrà ampliato, comportando così una ulteriore diminuzione del suo valore e un aumento della sicurezza.

Impianto di messa a terra

L'impianto di terra sarà dimensionato in modo tale da soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme CEI.

Esso sarà realizzato con conduttori in rame di tipo e sezione come qui di seguito evidenziato:

- corda nuda in rame con sezione 50 mm² e direttamente interrata, per i collegamenti con i vari dispersori (maglia generale di terra) e picchetti d'acciaio zincato da 50x50x1.500x5 mm profilati a croce;
- corda isolata giallo-verde, di sezione adeguata alla tabella 54F articolo 543.1.2 CEI 64.8 per il collegamento dei quadri di comando;
- corda isolata giallo-verde di sezione adeguata alla tabella 54F per il collegamento a terra delle varie utenze;
- corda isolata giallo-verde di sezione minima 6 mm² per i collegamenti equipotenziali ma non inferiore alla metà del PE di maggior sezione che si presenta al collettore principale di terra. Per i collegamenti equipotenziali supplementari la minima sezione è 4 mm² per i collegamenti dei conduttori a vista e 2,5 mm² se sono protetti meccanicamente entro tubazioni.

Sezione Conduttore equipotenziale principale (S_{eqp})	Conduttore equipotenziale supplementare ($S_{eqp\ suppl.}$)
$S_{eqp} \geq SPE / 2$ (1) Con un minimo di 6 mm ² Con un massimo di 25 mm ²	$S_{eqpsuppl} \geq SPE$ (2) Se collega due masse
	$S_{eqpsuppl} \geq SPE / 2$ (3) Se collega una massa ad una massa estranea
	$S_{eqpsuppl} \geq 4\text{mm}^2$ o 2,5 se protetto meccanicamente Se collega una massa estranea al PE
	$S_{eqpsuppl} \geq 4\text{mm}^2$ o 2,5 se protetto meccanicamente Se collega due masse estranee
1) SPE 1 = Sezione del conduttore di protezione più elevata. 2) SPE 2 = Sezione del conduttore di protezione più piccolo collegato alle masse. 3) SPE 3 = Sezione del corrispondente conduttore di protezione da cui deriva.	

L'anello generale di messa a terra verrà integrato con dispersori a croce 50x50x5x1500mm, in acciaio zincato, infissi verticalmente nel terreno entro pozzetti di ispezione.

Saranno adottati opportuni accorgimenti per evitare corrosioni elettrolitiche nei punti di connessione fra metalli diversi.

La rete elettrosaldata della soletta costituirà un dispersore distribuito sotto tutta la struttura; ad essa dovranno essere allacciati i collegamenti equipotenziali, posti in pozzetti ispezionabili, verso l'anello generale di messa a terra.

Conduttori di protezione [PE]

I conduttori di protezione terminali sono generalmente costituiti da cavi unipolari isolati facenti parte della conduttura di alimentazione (cioè posati negli stessi tubi dei cavi di energia) oppure dall'anima di un cavo multipolare.

In questi casi l'isolante dei cavi deve essere obbligatoriamente di colore giallo-verde.

I conduttori di protezione principali seguono le stesse regole dei PE terminali (la Norma CEI non fa distinzione tra PE terminali e principali).

Conviene trattarli separatamente perché presentano i seguenti problemi specifici:

- non sempre i PE principali sono correlabili con uno specifico cavo di energia; per esempio un canale o una passerella possono contenere più cavi di differente sezione, ma il PE può essere unico e deve in tal caso essere correlato con il cavo di energia di maggior sezione; un caso

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 26 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

similare si presenta quando un reparto è alimentato da più linee principali e da un unico PE; sfruttando questa possibilità cumulativa si possono realizzare notevoli risparmi;

- i PE principali non hanno in genere derivazioni lungo il percorso per cui le giunzioni sono soltanto due (in partenza e in arrivo); può essere perciò conveniente utilizzare conduttori nudi, guaine metalliche di cavi, involucri metallici di canali, passerelle, condotti-sbarre o anche masse estranee come tubazioni metalliche dell'impianto idraulico o altre strutture metalliche.

- In nessun caso è consentita l'utilizzazione delle masse estranee come conduttore PEN (cioè terra abbinata al neutro).

Collegamenti equipotenziali

I collegamenti equipotenziali principali congiungono le masse estranee entranti negli edifici o nei locali all' impianto di terra in corrispondenza del collettore principale di terra.

Essi hanno lo scopo di fare assumere alle masse estranee le stesse tensioni dell'impianto di terra sia in assenza di dispersioni (potenziale nullo) che durante le dispersioni (tensione totale di terra). Contrariamente a quanto avviene per il PE, che è soggetto ad una corrente di dispersione calcolabile, non si può prevedere quale potrebbe essere la corrente attraversante gli EQP per cui la sezione minima è imposta dalla Norma CEI 64-8.

I collegamenti equipotenziali supplementari sono obbligatori solo in situazioni di particolare pericolo.

In pratica si tratta di collegamenti che sono in parallelo agli EQP in grado di sopperire alla mancanza di continuità delle masse estranee (sostituendo i ponticelli fra tutti i punti di possibile discontinuità delle masse estranee).

Per dimensionare l'EQP si deve considerare la situazione che si presenta al collettore principale di terra: tra tutti i PE collegati si deve fare riferimento a quello di maggior sezione. L'EQP deve avere sezione non inferiore alla metà di quella di tale PE. Tuttavia per questioni meccaniche non deve avere sezione inferiore a 6 mm^2 .

I collegamenti equipotenziali supplementari sono necessari anche in installazioni per le quali non è previsto l'impianto di terra: per esempio quando si attua la protezione per separazione elettrica, due masse contemporaneamente accessibili devono essere collegate tra loro mediante EQP per evitare che un doppio guasto costituisca pericolo (lo stesso principio vale quando si attua la protezione per mezzo di luoghi non conduttori).

Giunzioni e connessioni

In particolare ogni impianto di terra deve avere un collettore principale di terra accessibile per le verifiche al quale fanno capo i conduttori PE, i conduttori equipotenziali principali e il conduttore di terra. Tutti questi conduttori devono essere connessi mediante morsetti affidabili sia per robustezza sia per tenuta all'allentamento spontaneo dovuto alle vibrazioni o alle escursioni termiche. Le connessioni equipotenziali alle tubazioni devono essere realizzate mediante appositi morsetti a collare di materiale chimicamente compatibile in modo da evitare la corrosione. Per le connessioni corda-corda si possono utilizzare morsetti a compressione o a bulloni.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 28 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

In ogni caso per tutti i componenti dell'impianto di terra sono vietate, perché inaffidabili, le seguenti giunzioni:

- a torciglione;
- sotto testa di viti autofilettanti avvitare in lamiera o profilati di ferro o di alluminio;
- mediante legatura con filo di rame o di ferro.

Il conduttore di terra

Il conduttore di terra segue un criterio di dimensionamento diverso rispetto a quello previsto per il PE: infatti sviluppandosi prevalentemente all' esterno è più vulnerabile alle azioni meccaniche e corrosive.

È importantissimo distinguerlo dal PE e da eventuali corde nude interrate costituenti il dispersore. Si ricorda pertanto che questo componente, indicato con la sigla CT, collega il dispersore al collettore principale di terra. Se è costituito da una corda deve avere le seguenti sezioni minime:

- se si tratta di corda nuda installata a vista (manca cioè sia la protezione meccanica sia quella chimica contro la corrosione) la sezione minima ammessa è di 25 mm² se in rame e di 50 mm² se in ferro zincato;
- se si tratta di corda isolata in PVC (protezione chimica in genere sufficiente ad evitare la corrosione) la sezione minima ammessa è di 16 mm² se in rame o ferro zincato;
- se si attua una sufficiente protezione sia chimica sia meccanica (ad esempio posa di corda isolata entro tubo protettivo di tipo pesante) la sezione minima non deve essere inferiore alla maggiore sezione del PE che fa capo allo stesso collettore di terra.

Il dispersore

Il dispersore è destinato a disperdere nel terreno le correnti di guasto e può essere costituito secondo varie modalità che verranno esaminate in dettaglio. Il dispersore è detto "intenzionale" quando è appositamente costruito e dimensionato per questo scopo. Si dice dispersore "di fatto" quando si utilizza una struttura interrata avente altri scopi primari quali per esempio i ferri d'armatura del calcestruzzo.

Il dispersore intenzionale può essere costituito da elementi infissi verticalmente nel terreno (picchetti) oppure interrati orizzontalmente in uno scavo.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 29 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

In entrambi i casi la Norma CEI 64-8/5 raccomanda l'impiego di metalli resistenti alla corrosione quali il rame, l'acciaio rivestito di rame o materiali ferrosi zincati.

Si possono utilizzare anche altri metalli purché compatibili con la natura del terreno oppure metalli ferrosi senza rivestimento protettivo aumentando lo spessore del 50% e adottando sezioni non inferiori a 100 mm². La norma CEI 11-1 IX edizione prevede dimensioni minime dei dispersori in qualche punto differenti da quelle della tabella ma è applicabile agli impianti di alta e media tensione che interessano l'utente solo per le cabine MT/BT nel caso di sistemi TN. In particolare sono ammesse sezioni minime di 25 mm² per tondini e corde di rame costituenti dispersori orizzontali.

Collegamento delle masse al PE

Un tubo, un canale protettivo metallico o una cassetta di derivazione metallica (basta anche il solo coperchio) che contengano cavi o morsetti non classificati a doppio isolamento devono essere collegati al PE; a tal fine si ricorda che si considerano a doppio isolamento i cavi con guaina aventi tensione nominale superiore di un gradino a quella strettamente indispensabile nel caso specifico: per esempio negli ambienti ordinari alimentati a 230/400 V si considerano a doppio isolamento i cavi con U_0/U maggiore o uguale a 450/750 V mentre negli ambienti esterni, che richiedono come minimo $U_0/U = 450/750$ V (illuminazione pubblica), si considerano a doppio isolamento i cavi 0,6/1kV.

È inoltre vietato e molto pericoloso collegare al PE i componenti alimentati da un trasformatore di separazione (si annullerebbe il sistema di protezione).

Collegamento a terra delle masse estranee

Si è già trattato della funzione dei collegamenti equipotenziali e dell'identificazione delle masse estranee da collegare al PE. Si devono solo chiarire alcuni concetti riguardanti l'accessibilità e il punto di collegamento a terra delle masse estranee.

Le tubazioni alimentanti i servizi e le parti strutturali metalliche dell'edificio vanno sempre collegate in equipotenzialità principale al collettore di terra (collegamento EQP). Le altre masse estranee sono da considerarsi molto pericolose in luoghi particolari (bagni, docce, piscine, luoghi conduttori ristretti o similari) e in tal caso devono essere collegate localmente tra loro e al più vicino PE. Un pericolo in ogni caso è determinato dalla possibilità di toccare contemporaneamente una

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 30 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

massa in avaria e una massa estranea: ne consegue che in genere non è necessario collegare in EQS le masse estranee che si trovano fuori del volume d'accessibilità.

Non si considerano come estranee le recinzioni in luoghi lontanissimi dall'impianto elettrico utilizzatore e non soggetti a lavori d'ordinaria manutenzione con elettrotensili. I collegamenti equipotenziali supplementari vanno realizzati nel punto di ingresso del potenziale pericoloso nell'ambiente da proteggere; per esempio se si tratta di un serramento in collegamento con una struttura metallica estesa va collegato in equipotenzialità il controtelaio metallico; è non solo inutile e costoso ma anche pericoloso collegare a terra il telaio o i battenti.

Collegamenti a terra delle parti di un quadro

La struttura portante di un quadro metallico va collegata al PE con gli stessi criteri usati per le masse degli utilizzatori.

Non è necessario il collegamento della portella se il pannello interno realizza un grado di protezione non inferiore a IP20 rispetto agli apparecchi contenuti.

Non è inoltre necessario collegare al morsetto di terra le piccole parti che non possono essere afferrate con le mani quali le teste delle viti, le cerniere, le piccole targhe metalliche.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 31 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Il collegamento a terra dei ferri d'armatura del calcestruzzo

Il pericolo di elettrocuzione per una persona che tocca una massa in tensione non è costituito dal potenziale assoluto (tensione totale di terra) bensì dalla differenza di potenziale tra il punto d'ingresso ed il punto di uscita della corrente dal corpo umano (tensione di contatto U_c).

Nel caso di contatto mano-piedi, che è il più frequente nei luoghi ordinari, la tensione di contatto U_c non può mai essere superiore a quella esistente tra i ferri d'armatura del calcestruzzo ed il PE.

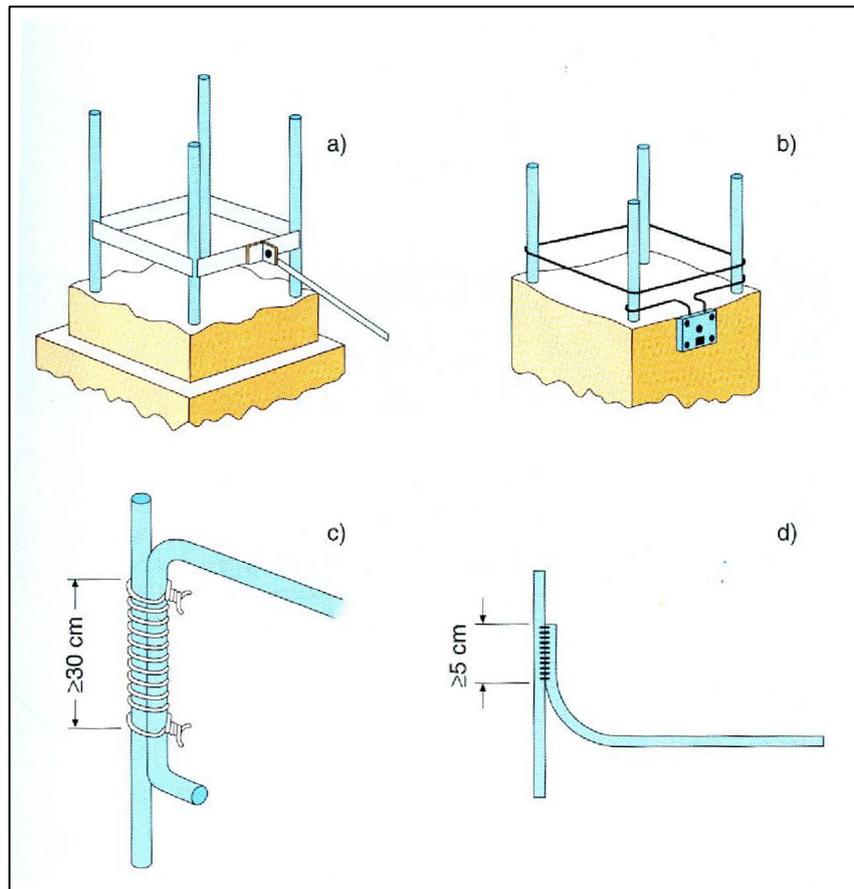
La tensione U_c può essere annullata collegando in equipotenzialità principale (EQP) i ferri d'armatura delle fondamenta con il collettore principale di terra (conduttore con sezione non inferiore a 6 mm^2).

Lo stesso effetto si ottiene utilizzando i ferri d'armatura del calcestruzzo delle fondamenta come dispersore.

Questo principio è sempre vero, anche se i pavimenti sono isolanti o i ferri d'armatura della soletta sono isolati da quelli delle fondamenta: infatti, se la tensione fra PE e base dell'edificio è nulla, nessuna corrente può chiudersi a terra attraverso il corpo umano (anzi la resistenza dei muri, delle piastrelle e dei ferri d'armatura montanti rispetto a quelli delle fondazioni costituisce una situazione di maggior sicurezza).

Il principio invece non è più vero se solo una parte delle fondamenta è collegata correttamente al collettore (per esempio uno dei quattro lati): infatti, se i ferri del pavimento non sono a contatto con la parte equipotenziale delle fondamenta ma con la parte a potenziale nullo, la tensione U_c è vicina al valore della tensione totale di terra. Per evitare quest'inconveniente si deve realizzare accuratamente il collegamento ai ferri d'armatura in corrispondenza di tutti i pilastri.

Così, l'equipotenzialità tra muri e masse estranee in avaria è perfetta, non esiste pericolo di elettrocuzione neppure se l'interruttore differenziale manca o è guasto.



Ferri d'armatura del calcestruzzo delle fondazioni

Occorre che almeno due ferri orizzontali principali dell'armatura siano collegati tra loro e portati all'esterno su apposita piastra e che esista un buon collegamento con almeno due ferri montanti. A tal fine sono valide solo fondazioni interrato che per effetto dell'umidità del terreno presentano resistività sufficientemente bassa per consentire ai ferri in esse annegati di disperdere a terra le correnti di guasto.

Si può realizzare un buon dispersore di fatto solo se si interviene prima della gettata provvedendo a far effettuare i collegamenti essenziali tra i ferri e a portare all'esterno le piastre per le connessioni al conduttore di terra o all'anello perimetrale del dispersore intenzionale.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 33 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

Guaine metalliche dei cavi

Le guaine metalliche dei cavi interrati ad almeno 0,5 m di profondità in terreno idoneo possono essere usate come dispersore di fatto solo se sono sotto il pieno controllo del responsabile dell'impianto elettrico oppure con il consenso del proprietario purché si impegni a informare l'elettricista di tutte le variazioni che potrebbero influenzare il corretto funzionamento del dispersore.

In pratica questo tipo di dispersore è qualche volta costituito dalla guaina del cavo MT che collega la cabina ricevitrice di media tensione con la cabina MT/BT, nei sistemi TN.

In questo progetto non sono previsti cavi per la trasmissione dell'energia aventi una guaina metallica.

Apparecchiature collegate a terra

Saranno collegate a terra tutte le parti di impianto a qualunque livello di tensione, ivi comprese le terre di funzionamento (es. il centro stella del trasformatore).

Saranno quindi collegati a terra:

- gli involucri di tutte le apparecchiature elettriche qualora siano masse;
- le masse estranee all'ingresso degli edifici mediante collegamenti equipotenziali;
- gli accessori alle installazioni elettriche (passerelle metalliche, tubi, ecc.) qualora siano masse.
- A questo scopo ricordiamo la definizione di massa secondo la CEI 64-8 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”.

Non dovranno essere collegati all'impianto di terra i pali impiegati per l'illuminazione dell'area.

Impianto di illuminazione e forza motrice

L'illuminazione interna è prevista solo nei nuovi locali: sala soffianti biologiche al piano terra, presso la tettoia che alloggerà le soffianti della stabilizzazione aerobica e la nuova cabina di trasformazione MT/BT. I corpi illuminanti saranno a LED di potenza pari a 2x21W cadauna.

L'accensione delle lampade dovrà essere effettuata tramite dispositivi (scatole portafrutto) in esecuzione esterna entro appositi quadretti IP55 con sportello trasparente e di materiale plastico

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 34 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

autoestinguenti montati a parete in opportuni punti.

L'illuminazione interna di emergenza è affidata ad alcune lampade fluorescenti che saranno equipaggiate con gruppo autonomo di alimentazione di sicurezza avente autonomia minima pari ad almeno 60 minuti (corpo illuminante da 18 o 24W).

L'illuminazione esterna sarà realizzata ex-novo mediante 9 punti luci (o armature stradali). In dettaglio:

- 1) Il punto luce tra la stabilizzazione aerobica ed il nuovo sedimentatore sarà realizzato su palo stradale il quale monterà n.2 corpi lampada;
- 2) N.2 corpi lampada saranno montati a parete esternamente alla palazzina tecnica esistente;
- 3) I restanti punti luce saranno realizzati con un corpo lampada su un palo stradale e disposti come da planimetria dell'impianto elettrico. Il palo luce vicino all'ingresso del depuratore sarà dotato di accensione automatica con relè crepuscolare.

In aggiunta alla presa FM dedicata alla centrifuga carrabile (esistente) sarà installato un nuovo gruppo prese FM da 16A (una presa 3P+N+T e una presa 2P+T) sulla facciata dell'edificio;

Condutture interrate e a vista

La distribuzione all'esterno come da elaborati planimetrici, sarà realizzata mediante l'interro di tubi flessibile di idonea sezione, a doppia parete corrugato esternamente e liscio internamente, in polietilene ad alta densità, ad elevata resistenza chimica alle sostanze acide e basiche, idrocarburi, detersivi, infiammabili ed acqua, con resistenza allo schiacciamento $\geq 450\text{N}$. Durante le operazioni di posa si dovrà prestare particolare attenzione ai raggi di curvatura, i quali dovranno essere tali che il diametro interno del cavidotto non diminuisca di oltre il 10%. Il diametro nominale dei tubi dovrà essere maggiore di 1.4 volte il diametro del cavo o del fascio di cavi contenuto in esso ed i tubi dovranno risultare distanziati tra loro per consentire l'installazione e l'accessibilità agli accessori. Il diametro dei tubi dovrà essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi con facilità e senza che ne risultino danneggiati cavi stessi o i tubi.

La profondità di posa tra il piano di appoggio del tubo e la superficie del suolo dovrà risultare non inferiore a 80 cm, prevedendo una idonea protezione meccanica delle tubazioni stesse. Particolare cura dovrà essere posta nel caso in cui si verifichi la coesistenza tra tubi contenenti cavi per energia ed altre canalizzazioni, opere o strutture interrate. In generale si osserveranno le seguenti indicazioni: i tubi contenenti cavi per energia dovranno essere situati a quota inferiore (almeno 0.30 m.) da quelli contenenti cavi di telecomunicazioni e/o segnalamento per evitare fenomeni di

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 35 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

interferenza dovuti a transistori sui circuiti di energia.

E' consigliabile inoltre che l'incrocio o il parallelismo di tubi contenenti cavi per energia e tubazioni adibite al trasporto ed alla distribuzione di fluidi (acquedotti, gasdotti, oleodotti e simili) sia almeno di 0,30 m. Per l'interramento dei tubi si dovrà avere cura che lo scavo sia privo di sporgenze, spigoli di roccia o sassi e quindi si dovrà costituire in primo luogo un letto di sabbia di fiume o di cava vagliata e lavata dello spessore di almeno 10 cm sul quale si poseranno i tubi. Per l'infilaggio dei cavi si dovranno prevedere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate.

Nella posa dei cavidotti interrati e nella realizzazione dei pozzetti dovrà essere posta la massima cura nella predisposizione di drenaggi e pendenze per evitare ristagni d'acqua. In particolare, le tubazioni posate tra due pozzetti andranno poste in opera con una leggera monta centrale.

Le condutture non dovranno essere causa di innesco o di propagazione di incendi, dovranno essere usati cavi, tubi protettivi e canali aventi caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle condizioni di posa.

Inoltre si provvederà alla messa in opera sulla parte superiore della polifora di un nastro di segnalazione e monito specifico e con apposizione sulla superficie asfaltata di segna cavi metallici, il tutto come da disegni costruttivi particolareggiati riportati nella planimetria generale dei cavidotti.

In via eccezionale potranno essere richiesti dalla Direzione Lavori chiusini in ghisa grigia con resistenza alla trazione di 26 Kg/mm² ed alla compressione di 95 Kg/mm²; saranno del tipo a battuta piana con guide a sedi rettificata per garantire una perfetta aderenza del coperchio al telaio che elimini ogni vibrazione al passaggio dei carichi in transito; in rapporto a questi dovranno essere dimensionati per almeno 25 t. per ruota quelli da carreggiata e per almeno 3 t. per ruota per quelli posti fuori carreggiata. Particolare attenzione andrà posta nella posa in opera con il rinfiancamento degli stessi con calcestruzzo magro in modo da dare adeguata resistenza meccanica a tutto il sistema di polifora.

Canalette in acciaio inox

Per la distribuzione interna con canale portacavi si applicano le norme CEI 23-32. Le dimensioni sono calcolate in modo tale che la sezione occupata dai cavi non superi la metà di quella disponibile, secondo quanto prescritto dalle norme CEI 64-8. Per il grado di protezione contro i contatti diretti, si applica quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni, ecc.); opportune barriere dovranno separare cavi a tensioni nominali differenti. Le canaline in prossimità delle vasche, pozzi e tutti i locali di nuovo utilizzo o recupero di quelli esistenti, saranno della tipologia in acciaio inox AISI 304 non asolate con coperchio e setto

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 36 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

separatorio interno ogni qualvolta ci sia la coesistenza di cavi schermati per segnali analogici e cavi di potenza.

Complete dei seguenti elementi:

- coperchio pieno con chiusura a scatto, senza graffette;
- giunzioni fra elementi;
- curve, curve sghembe, derivazioni, riduzioni, piane in salita in discesa, ecc.
- flange per attacco ai quadri elettrici;
- teste di chiusura;
- setto separatore per la segregazione dei cavi di segnale, comandi e misure;
- mensole a parete e sospensioni a soffitto;

La parte terminale di collegamento al motore sarà effettuata con tubo flessibile metallica con guaina metallica di protezione con pressatubi.

L'esecuzione dell'impianto dovrà essere conforme alle norme CEI 64-8, con particolare riferimento a luoghi umidi ed aggressivi.

Tutti i circuiti esterni e nei locali con le macchine operatrici, saranno realizzati in esecuzione IP54.

Sistemi di protezione contro i guasti e pericoli di natura elettrica

Protezione contro i contatti diretti Sezioni BT

Per la sezione BT, la protezione dai contatti diretti con le parti attive verrà garantita dall'uso di contenitori IP 55 minimo per l'esterno e IP 30 per l'interno.

L'isolamento previsto su tutte le parti in tensione, può essere rimosso solo con l'uso di attrezzi. Gli involucri e le barriere saranno saldamente fissati, e dovranno avere sufficiente stabilità e durata nel tempo in modo da conservare il richiesto grado di protezione e una conveniente separazione delle parti attive nelle condizioni di servizio prevedibili, tenuto conto delle condizioni ambientali.

I quadri previsti saranno dotati di un dispositivo generale (sezionatore o interruttore) che con una unica manovra consente l'interruzione della alimentazione elettrica. Per gli altri quadri l'accesso sarà consentito solo con l'uso di chiavi a disposizione del personale specializzato addetto alle manutenzioni e agli interventi.

Protezione contro i contatti diretti Sezioni BT esistenti

Tutta la sezione BT avrà un sistema di distribuzione di tipo TNS, con impianto di messa a terra unico per tutto l'impianto.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 37 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

Allo stesso verranno collegati i conduttori di protezione provenienti dai nodi di terra equipotenziale dei locali tecnologici ove saranno collocate la gran parte delle apparecchiature elettriche e di quadri bordo macchina delle apparecchiature di processo con classe d'isolamento 1, collegate con i rispettivi conduttori di protezione PE separati dal conduttore di neutro.

Tutte le utenze in bassa tensione, siano esse quadri principali che secondari o utenze terminali, la protezione dai contatti indiretti sarà realizzata mediante messa a terra delle masse.

In base alla Norma CEI 64-8/4°ed. art. 413.1.3, la protezione è garantita, se viene rispettata la nota formula:

$$Z_s \leq U_o / I_{dn}$$

dove:

U_o = tensione nominale tra fase e terra dell'impianto relativamente al lato bassa tensione (in Volt) = 230 VCA;

Z_s = impedenza totale (in Ohm) del circuito di guasto che comprende il trasformatore (sorgente) il conduttore di fase e quello di protezione tra il punto di guasto ed il centro stella del trasformatore;

I_{dn} = corrente (in ampere) che provoca l'intervento del dispositivo differenziale o magnetotermico entro 0,4s per i circuiti terminali, alimentanti direttamente gli utilizzatori e 5s per quelli di distribuzione intermedi (di collegamento tra i vari quadri generali e di zona).

Il tutto con ricalzo della protezione generale differenziale a bassa sensibilità ritardata posta sull'interruttore generale BT esistente che si presuppone essere funzionante, efficiente e manutentata.

Protezione contro sovracorrenti e corto circuiti

I cavi BT saranno dimensionati in modo da sopportare le sollecitazioni dovute a cortocircuiti per la durata prevista. La densità di corrente non sarà mai superiore al 80% della portata nominale ammesse dalle tabelle UNEL nelle condizioni di posa previste e nell'ipotesi di massimo carico. Dovrà essere rispettato quanto prescritto dalle norme CEI 64-8 relativamente alle protezioni contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti.

Tutte le sezioni dei cavi dei vari circuiti dovranno risultare coordinate con le protezioni magnetotermiche sui quadri di derivazione (art. 43 norme CEI 64-8).

In particolare le condutture BT saranno dimensionate in modo da soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 * I_z$$

con:

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 38 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	---	---------------

I_b = corrente di impiego

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_z = portata dei conduttori

I_f = corrente convenzionale di intervento del dispositivo di protezione

Nel caso in cui la conduttura ha nel suo percorso tratti con portate differenti, le condizioni sopra imposte dovranno essere soddisfatte per la portata inferiore. Per quanto riguarda i corti circuiti, il dispositivo di protezione relativo sarà installato all'inizio della conduttura.

Gli interruttori e le condutture saranno dimensionati in modo che:

ogni interruttore ha un potere di interruzione superiore alla massima corrente di corto circuito possibile nel punto di installazione;

ogni interruttore intervenga in un tempo inferiore a quello che porterebbe in caso di corto circuito la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile.

Tale condizione è verificata in qualsiasi punto della conduttura. In prima approssimazione, per corto circuiti di durata non superiore a 5 s, la condizione che il corto circuito non alzi la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile, è stato dimensionato con la seguente formula:

$$I_t \leq K \cdot S$$

dove:

I_t = è l'integrale di Joule per la durata del corto circuito;

S = è la sezione dei conduttori (in mm); -se il corto circuito impegna conduttori di diversa sezione, per S si assimila la sezione del conduttore di sezione inferiore;

K = è un coefficiente legato alle caratteristiche fisiche del conduttore e del relativo isolamento.

Da notare che le protezioni che verranno utilizzate consentiranno di ottenere oltre che un'ottima protezione dai contatti indiretti (e diretti sui circuiti prese) anche un'ottima selettività di intervento che esclude quasi totalmente la messa fuori servizio di grosse parti dell'impianto elettrico a causa di guasti franchi fase-protezione.

Verifiche e misure dell'impianto

Una volta installato l'impianto di messa a terra dovranno essere eseguite tutte le misure e le verifiche richieste dalla Norma CEI 11-1 nona edizione e dalla Norma CEI 64-8 sesta edizione.

Tali verifiche dovranno riguardare i seguenti aspetti:

verifica della documentazione di progetto relativamente all'impianto di messa a terra di dispersione del complesso;

verifica relativamente alla corretta applicazione dei provvedimenti contro la corrosione,

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Dicembre 2024	Elaborato E-R.IE.01 – Relazione tecnica di progetto dell'impianto elettrico	Pag. 39 di 39
-------------------------------	---------	---------------------	--	---------------

specialmente per le connessioni (se accessibili);

esecuzione misura di resistenza di terra con il metodo volt-amperometrico per la verifica della protezione contro le tensioni di contatto e di passo.

L'articolo 9.8.1 della Norma CEI 11-1 nona edizione impone che la condizione di alcuni componenti degli impianti di terra, particolarmente interessati da azioni corrosive, deve essere controllata mediante ispezione periodica (ad esempio ogni 5 anni). Generalmente è buona regola, per l'ispezione, scavare in pochi punti, come ad esempio in corrispondenza di giunti e di zone di discontinuità del terreno.

L'articolo 9.9 della Norma CEI 11-1 nona edizione impone che l'efficienza dell'impianto di messa a terra deve essere verificata mediante esami a vista e prove prima della messa in servizio dell'impianto e, successivamente, ad intervalli non superiori a tre anni. La modalità di efficienza di un impianto di terra comprende:

verifica della continuità dei conduttori di terra; tale verifica comprende la rispondenza alla Norma CEI 11-1 nona edizione delle sezioni minime, dei materiali, delle modalità di installazione ed il controllo del buono stato di conservazione di conduttori e giunti;

misura della resistenza di terra;

se necessaria, misura delle tensioni di contatto ed eventualmente di passo.

Le misure devono essere eseguite, per quanto è possibile, con l'impianto nelle ordinarie condizioni di funzionamento.