

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. TECNOLOGIE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO

LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

IMPIANTI LFM

Curno

Relazione di Calcolo Impianto di Terra

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N B 1 R 0 2 D 5 8 C L L F 0 2 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G.Drisaldi	Mar. 2020	C.Vacca	Mar. 2020	M. Berlingieri	Mar. 2020	M.Gambaro 2020



File: NB1R02D58CLLF0200001A

n. Elab.:

**RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO****LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO****PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione di calcolo impianto di terra

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 58 CL	LF 02 00 001	A	2 di 11

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1.1	PREMESSA.....	3
1.1.2	SUDDIVISIONE DELLE ATTIVITA' TRA GLI APPALTI.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1.1	ELABORATI DI PROGETTO	4
2.1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3	SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE	6
4	CRITERI PROGETTUALI	7
5	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE	8
6	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA	9
6.1	SCELTA DEI PARAMETRI PROGETTUALI.....	9
6.2	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI TERRA DEL DISPERSORE	9



RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO
LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impianto di terra

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 58 CL	LF 02 00 001	A	3 di 11

1 INTRODUZIONE

1.1.1 PREMESSA

Il progetto complessivo dell'intervento è finalizzato al raddoppio della linea Ponte San Pietro – Bergamo - Montello.

Per il raggiungimento di tale obiettivo, RFI ha suddiviso gli interventi in diversi progetti con diversi scenari temporali di realizzazione. Tra questi, i seguenti sono tra i più importanti:

1. Realizzazione dell'apparato centrale computerizzato di Bergamo su ferro attuale;
2. Realizzazione del PRG di Ponte San Pietro;
3. Il raddoppio della tratta Curno - Bergamo;
4. Realizzazione del PRG di Bergamo;
5. Il raddoppio della tratta Bergamo - Montello.

1.1.2 SUDDIVISIONE DELLE ATTIVITA' TRA GLI APPALTI

Per la realizzazione dell'intero intervento sono stati al momento definiti alcuni appalti, con la seguente suddivisione delle macro-attività:

- LOTTO 1: APPARATO CENTRALE COMPUTERIZZATO DI BERGAMO
- LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO / RADDOPPIO CURNO - BERGAMO
- LOTTO 3: RICONFIGURAZIONE PP/ACC DI BERGAMO PER ATTIVAZIONE RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO
- LOTTO 4: RICONFIGURAZIONE SCCM TO-PD PER ATTIVAZIONE NUOVO PP/ACC DI BERGAMO
- LOTTO 5: RICONFIGURAZIONE SCCM TO-PD PER ATTIVAZIONE RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO
- LOTTO 6: RICONFIGURAZIONE SCCM TO-PD PER ATTIVAZIONE RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO
- LOTTO 7: CABINA TE DI AMBIVERE – MAPELLO
- LOTTO 8: OPERE SOSTITUTIVE SOPPRESSIONE PASSAGGI A LIVELLO TRA BERGAMO E MONTELLO

Il presente progetto si riferisce al lotto 2.


RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO
LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impianto di terra

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 58 CL	LF 02 00 001	A	4 di 11

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1.1 ELABORATI DI PROGETTO

Gli impianti dovranno essere realizzati secondo quanto riportato nella presente Relazione Tecnica e negli ulteriori elaborati di Progetto Definitivo sotto riportati, ai quali si farà riferimento esplicito od implicito nel prosieguo del presente documento:

	Curno												
	FV												
33	Curno - Schema impianti LFM	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	001	A	
34	Curno - Planimetria disposizione apparecchiature LFM - Sottopasso	NB1R	02	D	58	PA	LF	02	0	0	001	A	
34a	Curno - Planimetria disposizione apparecchiature LFM - Pensiline	NB1R	02	D	58	PA	LF	02	0	0	002	A	
34b	Curno - Planimetria disposizione apparecchiature LFM - Marciapiedi	NB1R	02	D	58	P9	LF	02	0	0	001	A	
35	Curno - Planimetria disposizione apparecchiature LFM - Aree esterne alla fermata	NB1R	02	D	58	PA	LF	02	0	0	003	A	
36	Curno - Planimetria disposizione apparecchiature LFM - Fabbricato	NB1R	02	D	58	PB	LF	02	0	0	001	A	
	Fabbricato Tecnologico (senza cabina MT/BT)												
37	Curno - Schema Elettrico Generale a Blocchi - Analisi Carichi	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	002	A	
38	Curno - Quadri BT: Power Center QGBT - QRED - Schema Elettrico Unifilare e Fronte Quadro	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	003	A	
39	Curno - Quadri BT: Fabbricato Tecn. QLFM - Quadri Elettrici Ausiliari: Cabina MT/ MT/BT - Quadro QTLC - Schema Elettrico Unifilare e Fronte Quadro	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	004	A	
39a	Curno - Quadri BT: Fabbricato Tecn. QLFM - Quadri Elettrici Ausiliari: Cabina MT/ MT/BT - Quadro QTLC - Schema Elettrico Unifilare e Fronte Quadro	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	005	A	
40	Curno - Tabelle Cavi	NB1R	02	D	58	TT	LF	02	0	0	001	A	
41	Curno - Lay out disposizione Apparecchiature BT e Impiantistica LFM	NB1R	02	D	58	PB	LF	02	0	0	002	A	
42	Curno - Planimetria: Vie Cavi Piazzale Fabbricato Tecnologico	NB1R	02	D	58	PB	LF	02	0	0	004	A	
43	Curno - Lay out impianto di terra	NB1R	02	D	58	PB	LF	02	0	0	003	A	
44	Curno - Relazione di calcolo impianto di terra	NB1R	02	D	58	CL	LF	02	0	0	001	A	
	Piazzale												
45	Curno - Planimetria Disposizione Apparecchiature RED	NB1R	02	D	58	P9	LF	02	0	0	001	A	
46	Curno - Planimetria Disposizione Apparecchiature Illuminazione Deviatoi	NB1R	02	D	58	P9	LF	02	0	0	002	A	
47	Curno - Schema Elettrico Unifilare Comando Luci di Piazzale	NB1R	02	D	58	DX	LF	02	0	0	006	A	

	RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 58 CL	DOCUMENTO LF 02 00 001	REV. A

2.1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi di cui si è tenuto conto nello sviluppo della progettazione sono, in linea indicativa ma non esaustiva, i seguenti:

Leggi, Decreti e Circolari:

- D. Lgs. 09/04/08 n.81: “Testo Unico sulla sicurezza”
- DM. 37 del 22/01/08: “Sicurezza degli impianti elettrici, regole per la progettazione e realizzazione, ambiti di competenze professionali”
- Legge n. 791 del 18/10/1977: Attuazione delle direttive CEE 72/23 relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico;
- Direttiva “bt” CEE 73/23 e 93/68
- DPR 4/12/1992 n. 476: “Direttiva EMC”
- Legge 1 Marzo 1968 n° 186 (G.U. n° 77 del 23/3/68) "Disposizioni concernenti la produzione di macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici".
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico e del Ministro dell’Ambiente e della tutela del territorio e del mare n. 37 del 22 Gennaio 2008: Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge 248 del 2 Dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici.
- Ente Nazionale di Unificazione (UNI) Norme applicabili.
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9/3/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio

Normative Tecniche:

- **Norma CEI EN50122-1 (9.6):** “Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra”;
- **Norma CEI 11-17:** “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”;
- **Norma CEI EN60865-1 (11-26):** “Correnti di corto circuito – Calcolo degli effetti; parte 1a: Definizioni e metodi di calcolo”;
- **Norme CEI 64-8/1-2-3-4-5-6-7** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua (Comprese tutte le varianti a tali norme);

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d’arte e nel rispetto della sicurezza.



RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO
LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impianto di terra

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 58 CL	LF 02 00 001	A	6 di 11

3 SIMBOLOGIA E TERMINOLOGIA ADOTTATE

La simbologia adottata è derivata direttamente dalla Norma CEI EN 50522 § 3.

Di seguito si riportano i simboli ed i termini più frequentemente usati nel presente elaborato:

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	SIMBOLO
Terra di riferimento (terra lontana)	Zona della superficie del terreno al di fuori dell'area di influenza di un dispersore o di un impianto di terra	-
Dispersore di fatto	Parte metallica in contatto elettrico con il terreno, direttamente o tramite calcestruzzo, il cui scopo originale non è di mettere a terra ma soddisfa tutti i requisiti di un dispersore	-
Resistività del terreno	Resistività di un tipico campione di terreno	ρ_E
Resistenza di terra	Resistenza tra il dispersore e la terra di riferimento	R_E
Tensione totale di terra	Tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento	U_E
Tensione di contatto	Tensione tra parti conduttrici quando vengano toccate simultaneamente	U_T
Tensione di passo	Tensione tra due punti della superficie del terreno a distanza di 1 m tra loro, distanza che si assume come lunghezza del passo di una persona	U_S
Corrente di guasto a terra	corrente che fluisce dal circuito principale verso terra, o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto	I_F
Corrente di terra	Corrente che fluisce a terra tramite la resistenza di terra e determina quindi la tensione totale di terra U_E	I_E

	RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di calcolo impianto di terra	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 58 CL	DOCUMENTO LF 02 00 001	REV. A

4 CRITERI PROGETTUALI

L'impianto dovrà essere realizzato nel rispetto della Norma CEI EN50522 che ha sostituito definitivamente la norma CEI 11-1 dal 1° novembre 2013.

Nei sistemi di II e III categoria 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

Per attuare un'efficace protezione contro i rischi di contatti indiretti, la normativa vigente prevede che tutte le masse metalliche del sistema siano collegate direttamente e stabilmente a terra.

Il collegamento a terra deve essere effettuato per il tramite di un apposito dispersore, avente caratteristiche tali da garantire che le tensioni di contatto e di passo che si stabiliscono sulle masse metalliche durante il guasto si mantengano al di sotto dei valori massimi ammessi.

Qualora i valori di tensione di passo e contatto ottenuti dovessero superare quelli massimi ammessi occorrerà procedere con apposite misure di passo e contatto.

L'impianto di messa a terra sarà unico, e ad esso saranno collegate tutte le ferramenta, carpenterie, involucri metallici, tubazioni ed altri elementi metallici presenti nell'area che possano essere oggetto di indebite tensioni elettriche in caso di guasto.

**RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO - MONTELLO**

LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo impianto di terra

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 58 CL	LF 02 00 001	A	8 di 11

5 CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE

Il sistema disperdente sarà composto da un anello perimetrale in corda Cu nuda della sezione di 120mmq interrato a 0,6m di profondità lungo il perimetro del fabbricato tecnologico e da un sistema di dispersori verticali a picchetto in numero idoneo a ottenere la limitazione delle tensioni di contatto.

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i due sistemi disperdenti non si possono considerare indipendenti tra loro ma si influenzano reciprocamente, tuttavia si può pensare di valutare, in prima approssimazione, la resistenza totale come parallelo tra le resistenze di ciascuno dei suindicati dispersore.

All'interno di ciascun locale verrà realizzato uno o più nodi equipotenziali a cui collegare le masse metalliche di cabina tramite cavo in rame di sezione pari a 120mmq. 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. Ai suddetti nodi saranno realizzati almeno i seguenti collegamenti equipotenziali:

- Barra di terra Quadro Generale di Bassa Tensione;

6 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI TERRA

6.1 Scelta dei parametri progettuali

Il sistema elettrico del fabbricato sarà del tipo TT definito dalle Norme CEI. Ciò significa che la dispersione sarà realizzata attraverso dispersori lineari interrati installati esternamente al fabbricato collegati tra loro come di seguito descritto. Il dimensionamento presentato in questo paragrafo è un tipologico, pertanto in fase progettuale esecutiva, si dovranno ottimizzare i calcoli per il fabbricato.

Occorre stabilire in relazione alle caratteristiche del terreno ed alla pianta dei fabbricati, quali siano i dispersori ed i tipi di posa che permettano di ottenere la limitazione delle tensioni di passo e contatto e dei potenziali trasferiti.

Essendo i fabbricati in zona ferroviaria va evitato il collegamento dei ferri di armatura al sistema di terra.

Nelle fasi progettuali successive sarà studiata la posizione dettagliata dell'impianto di dispersione in relazione ai suddetti fattori.

Il terreno dell'area del fabbricato è composto da materiale di riporto, limoso-sabbioso. Dunque, in questa fase si considera un valore di resistività pari a:

$$\rho_E = 100 \Omega m$$

In fase di progetto esecutivo dovranno comunque essere condotte misure di resistività in campo, se le condizioni del terreno risultassero avverse in termini elettrici, il dispersore potrà essere posato su letto di terreno vegetale.

Dal momento che “la maggior parte” della resistenza di terra è concentrata nei pressi del dispersore la quantità di terreno da sostituire non sarà quindi eccessiva.

6.2 Calcolo della resistenza di terra del dispersore

L'impianto dovrà garantire il rispetto della seguente condizione:

$$I_{dn} \leq \frac{V_L}{R_E} \rightarrow R_E \leq \frac{V_L}{I_{dn}}$$

dove:

- I_{dn} [A] è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione a corrente differenziale (0,3 A);
- V_L [V] è la tensione limite di contatto pari a 50 V;
- R_E [Ω] è la resistenza equivalente del dispersore di terra.

Ne consegue che, nel nostro caso, R_E dovrà risultare:

$$R_E \leq \frac{V_L}{I_{dn}} \leq \frac{50 V}{I_{dn}}$$

$$R_E \leq 50/0,3 = 166,66 \Omega$$

La resistenza di terra dell'intero sistema disperdente può essere calcolata come parallelo delle resistenze dei singoli sistemi componenti, ossia del dispersore lineare perimetrale e dei dispersori verticali a picchetto.

Il dispersore perimetrale è costituito, come detto, da corda nuda in rame sez.120mmq interrata a profondità di 0,6m rispetto al piano di calpestio del piazzale, avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

- Lunghezza: $L \approx 40m$
- Larghezza: $L \approx 13m$
- Perimetro: $P \approx 106m$
- Area: $A \approx 520mq$

Impiegando la formula definita dalla CEI EN 50522 per un dispersore ad anello:

$$Ra = \frac{\rho}{\pi^2 D_a} \ln \frac{2\pi D_a}{d_a};$$

- ρ [Ωm] = 100 Resistività del terreno;
- Da [m] = 25,73 Diametro del cerchio di area equivalente al dispersore ad anello;
- da [mm] = 14,00 Diametro del conduttore.

Si ha:

$$Ra = 3,69 \Omega$$

Tale dispersore lineare, come detto, sarà integrato da un sistema di dispersori verticali a picchetto, costituiti da aste in acciaio ramato infisse nel terreno e collegate 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 10, avranno le seguenti caratteristiche geometriche:

- L_p [m]= 4,50: Lunghezza complessiva del picchetto;
- D_p [mm]= 25: Diametro del picchetto.

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

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

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

$$R_p = 23,27 \Omega$$

Considerando il parallelo dei n°10 picchetti la resistenza complessiva del dispersore verticale assume il valore:

$$R_{Pp} = R_p / N = 23,27 / 10 = 2,33 \Omega$$

La resistenza complessiva dell'impianto disperdente di cabina varrà dunque:

$$R_E = 1 / (1/R_a + 1/R_{Pp}) = 1,43 \Omega$$

Una volta misurata la resistenza di terra, l'appaltatore aggiornerà il valore di corrente di taratura I_{dn} dei dispositivi differenziali, in modo da poter garantire la protezione dai contatti indiretti, la selettività in caso di guasto e tale da evitare gli scatti intempestivi dei dispositivi differenziali.

L'appaltatore dovrà misurare il valore della R_E per verificare che sia confermata la validità della relazione

$R_E \leq \frac{V_L}{I_{dn}} \leq \frac{50 V}{I_{dn}}$. In caso negativo, l'impianto di terra dovrà essere integrato fino al raggiungimento del valore desiderato.