



Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA (D.lgs. n. 36 / 2023)



IMPIANTI ELETTRICI LUCE E FORZA MOTRICE Relazione tecnica

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	P4	LV	IEL	COM	R	001	00	B

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Adeguamento al parere del CSLPP e altri Enti e allineamento progetto	Redatto	S. Pallavidino	07/03/2025
		Verificato	A. Bovio	07/03/2025
		Approvato	M. Castellani	07/03/2025
		Autorizzato	P. Cucino	07/03/2025
B	Adeguamento al parere del CSLPP e altri Enti e allineamento progetto	Redatto	S. Pallavidino	10/03/2025
		Verificato	A. Bovio	10/03/2025
		Approvato	M. Castellani	10/03/2025
		Autorizzato	P. Cucino	10/03/2025
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

1.	PREMESSA	7
2.	SCOPO DEL DOCUMENTO	7
3.	RIFERIMENTI	7
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3.1.1	NORMATIVA NAZIONALE E COMUNITARIA	7
3.1.2	NORME CEI E CEI EN	8
3.1.3	NORME UNI E UNI EN	9
3.1.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
3.1.5	DEFINIZIONI, ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	9
4.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI OGGETTO DEL PROGETTO	9
4.1	RETE MT IN CAVO 15 kV	10
4.1.1	ANELLO CDS SSE BRIGNOLE – SSE PONTE CARREGA	11
4.1.2	ANELLO CDS SSE PONTE CARREGA – SSE MOLASSANA	11
4.1.3	INTERCONNESSIONE SSE PONTE CARREGA - SSE MOLASSANA	11
4.2	CABINE MT/BT DI STAZIONE (CDS)	11
4.3	IMPIANTI LFM DI STAZIONE	12
4.3.1	DISTRIBUZIONE PRINCIPALE E SECONDARIA	12
4.3.2	QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA	13
4.3.3	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ORDINARIA DELLE ZONE APERTE AL PUBBLICO (ATRIO, MARCIAPIEDI, ECC.)	14
4.3.4	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE DEI LOCALI TECNICI	14
4.3.5	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA E SICUREZZA DEI LOCALI TECNICI E AREE APERTE AL PUBBLICO	15
4.3.6	IMPIANTO FM	15
4.3.6.1	Impianto prese	15
4.3.6.2	Impianto di alimentazione utenze fisse	16
4.3.7	IMPIANTO DI TERRA	16
4.4	IMPIANTI LFM DI LINEA	17
4.4.1	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA IN LINEA	17
4.4.2	IMPIANTO PRESE DI SERVIZIO IN LINEA	18
4.5	IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE DELLE UTENZE ESSENZIALI (CBTC, TLC, ECC.)	19
4.5.1	DIMENSIONAMENTO UPS	20
4.5.2	DIMENSIONAMENTO CPSS	21
4.6	IMPIANTO FOTOVOLTAICO (PREVISTO A CURA DI ALTRO INTERVENTO)	21
4.6.1	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	21
4.6.2	PRINCIPALI COMPONENTI ED INSTALLAZIONE	22
4.6.3	PREDISPOSIZIONI AREE	23
5.	ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI	23



6.	DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI	24
6.1	QUADRO DI MEDIA TENSIONE QMT	25
6.2	TRASFORMATORI SERVIZI AUSILIARI MT/BT	25
6.3	TRASFORMATORI MT/BT IMPIANTO FOTOVOLTAICO (A CURA ALTRO INTERVENTO)	26
6.4	QUADRO GENERALE DI BASSA TENSIONE QGBT	26
6.5	SISTEMA DI UPS RIDONDATI	28
6.6	SOCCORRITORE-CPSS	29
7.	CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI	29
8.	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	30
9.	SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI	30
10.	IMPIANTO DI TERRA	31



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Apparecchio illuminante e curva fotometrica	18
Figura 2.	Esempio di quadretto prese interbloccate	19
Figura 3.	Sistema di UPS ridondati, switch statico e quadro essenziale QE	20
Figura 4.	Schema di principio esemplificativo di impianto fotovoltaico	22
Figura 5.	Progetto di un impianto di terra (CEI EN 50522, fig. 5)	32
Figura 6.	Dimensionamento preliminare dispersore intenzionale cabina MT/bt	33



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Norma UNI 8097 – Parametri illuminotecnici stazioni in superficie	14
Tabella 2.	Norma UNI 8097 – Prospetto 1	17
Tabella 3.	Elenco dei carichi per stazione-tipo in viadotto	23
Tabella 4.	Elenco dei carichi per stazione Brignole Sant’Agata	24



1. PREMESSA

Il progetto SkyMetro prevede l'estensione del servizio della rete metropolitana esistente da Genova Brignole fino al quartiere di Molassana, con lunghezza di circa 7 Km, in doppio binario su viadotto, con 7 stazioni, andando a servire la Val Bisagno, una delle due principali vallate urbanizzate facenti parte del Comune di Genova.

La linea si sviluppa in sponda destra a filo argine del torrente Bisagno, partendo dalla nuova stazione denominata "Brignole Sant'Agata", fino alla stazione denominata "Stadio Marassi" per poi portarsi a nord della piastra di tombamento del torrente, in zona Marassi, sulla sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni "Parenzo", "Staglieno", "Ponte Carrega", "San Gottardo" e "Molassana".

Per soddisfare l'attuale finanziamento, la realizzazione dell'opera verrà divisa in due lotti di cui il primo, della lunghezza di circa 4,5 km, parte dalla stazione "Brignole Sant'Agata" e arriva alla stazione "Ponte Carrega", definendo così un lotto funzionale. Il secondo lotto, partendo dalla stazione "Ponte Carrega", termina alla stazione di testa "Molassana", definendo così un lotto di completamento.

La nuova infrastruttura è provvista di un binario di servizio per il collegamento al deposito esistente di Dinegro.

2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo della presente relazione è di fornire una descrizione degli impianti di alimentazione, illuminazione e forza motrice in media e bassa tensione (MT – bt) relativi alle stazioni ed alle tratte oggetto del progetto Skymetro tra le nuove stazioni di Brignole S.Agata e Molassana, evidenziandone le principali caratteristiche ed i limiti di fornitura.

3. RIFERIMENTI

Nel seguito è riportato un elenco – indicativo e non esaustivo – dei principali riferimenti assunti per lo sviluppo del progetto.

3.1 Normativa di riferimento

3.1.1 Normativa nazionale e comunitaria

- Legge 1/3/1968 n. 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.
- D.Lgs. 18/5/2016 n. 80 Modifiche al decreto legislativo 6 novembre 2007, n. 194, di attuazione della direttiva 2014/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica (rifusione). (16G00097) (GU Serie Generale n.121 del 25-5-2016 - Suppl. Ordinario n. 16).
- D.Lgs. 19/5/2016 n. 86 Attuazione della direttiva 2014/35/UE concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato ad essere adoperato entro taluni limiti di tensione. (16G00096) (GU Serie Generale n.121 del 25-5-2016 - Suppl. Ordinario n. 16).

- D.M. 22/01/2008 n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- D.Lgs. 9/04/2008 n. 81 e s.m.i. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.M. 21/10/2015 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.
- Regolamento (UE) 2019/1783 della commissione del 1° ottobre 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 548/2014 della Commissione recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccoli, medi e grandi.
- Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.
- D.M. 13 luglio 2011 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi.

3.1.2 Norme CEI e CEI EN

- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua (Parti 1-2-3-4-5-6-7-8).
- CEI EN IEC 61439 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) (Parti 1-2-3-4-5-6).
- CEI EN 50122-1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico.
- CEI EN 50122-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 2: Provvedimenti contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua.
- CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI EN 60909-0 Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni.
- CEI-UNEL 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

- Norme CEI e CEI EN applicabili agli impianti in oggetto.

3.1.3 Norme UNI e UNI EN

- UNI EN 12464-1 Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni.
- UNI EN 12464-2 Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno.
- UNI EN 1838 Illuminazione di emergenza.
- UNI 8097 Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie.
- Norme UNI e UNI EN applicabili agli impianti in oggetto.

3.1.4 Documenti di riferimento

- MGE1 P2 LV IEL COM K 001 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare cabine MT/bt.
- MGE1 P2 LV IEL COM K 002 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare distribuzione MT.
- MGE1 P2 FLV IEL COM R 002 00 – Luce e Forza Motrice – Relazione scariche atmosferiche.
- MGE1 P2 FLV IEL COM R 003 00 – Luce e Forza Motrice – Relazione di calcolo MT e BT.
- MGE1 P2 FLV IEL S00 R 001 00 – Luce e Forza Motrice – Relazione valutazione previsionale campi elettromagnetici.
- MGE1 P2 LV IEL COM K 003 00 – Luce e Forza Motrice – Schemi unifilari Quadri BT.

I documenti citati sono da considerarsi nell'indice di revisione più aggiornato.

3.1.5 Definizioni, acronimi e abbreviazioni

- BT (bt) Bassa Tensione
- CA Corrente Alternata
- CB Carica Batterie
- CC Corrente Continua
- CP Cabina Primaria (della Distribuzione pubblica)
- CdS Cabina di Stazione
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CPSS Central Power Supply System
- EN Norma Europea
- ENEL e-distribuzione (Distributore pubblico)
- HVAC Impianti di Ventilazione e Condizionamento
- IM Impianti Meccanici
- IS Impianti di Segnalamento
- LFM Luce e Forza Motrice
- SSE Sottostazione Elettrica
- TLC Impianti di Telecomunicazioni
- UNI Ente Italiano di Normazione
- UPS Gruppo statico di continuità (con uscita in corrente alternata)

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI OGGETTO DEL PROGETTO

Il progetto relativo agli impianti LFM prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- Rete MT 15 kV in cavo (anelli di collegamento fra SSE per cabine MT/bt):
 - Anello SSE Brignole – SSE Ponte Carrega
 - Anello SSE Ponte Carrega – SSE Molassana

- Interconnessione SSE Ponte Carrega – SSE Molassana
- Cabine MT/bt ubicate nelle seguenti stazioni:
 - Stadio Marassi
 - Parenzo
 - Staglieno
 - Ponte Carrega
 - San Gottardo
 - Molassana
- Impianti di illuminazione degli atrii / banchine e aree esterne nelle seguenti stazioni:
 - Brignole Sant'Agata
 - Stadio Marassi
 - Parenzo
 - Staglieno
 - Ponte Carrega
 - San Gottardo
 - Molassana
- Impianti di illuminazione e F.M. dei locali tecnici nelle seguenti stazioni:
 - Brignole Sant'Agata
 - Stadio Marassi
 - Parenzo
 - Staglieno
 - Ponte Carrega
 - San Gottardo
 - Molassana
- Impianti di alimentazione delle utenze essenziali (segnalamento, telecomunicazioni, ecc.)
- Impianto fotovoltaico (intervento opzionale)

Nei successivi paragrafi sono descritti a livello preliminare gli interventi precedentemente citati.

4.1 Rete MT in cavo 15 kV

Con riferimento all'elaborato MGE1 P2 LV IEL COM K 002 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare distribuzione MT, ed in analogia all'architettura di alimentazione primaria impiegata in Metro Genova, per l'alimentazione delle CdS è prevista una distribuzione costituita da due *anelli aperti*:

- Anello CdS SSE Brignole – SSE Ponte Carrega
- Anello CdS SSE Ponte Carrega – SSE Molassana

È inoltre prevista una interconnessione fra la SSE Ponte Carrega e la SSE Molassana.

I cavi MT saranno posati in opportuna canalizzazione lungo il viadotto previsto per la realizzazione dell'opera in progetto.



4.1.1 Anello CdS SSE Brignole – SSE Ponte Carrega

Questo anello origina da un lato, da un nuovo scomparto da installare nell'esistente quadro MT della SSE di Brignole, chiudendosi su uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Ponte Carrega.

L'anello collega in "entra-esci" le seguenti cabine di stazione:

- Stadio Marassi
- Parenzo
- Staglieno

Per la realizzazione dell'anello è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x95) mm².

4.1.2 Anello CdS SSE Ponte Carrega – SSE Molassana

Questo anello origina da un lato, da uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Adriatico, chiudendosi su uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Molassana.

L'anello collega in "entra-esci" le seguenti cabine di stazione:

- Ponte Carrega
- San Gottardo
- Molassana

Per la realizzazione dell'anello è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x95) mm².

4.1.3 Interconnessione SSE Ponte Carrega - SSE Molassana

Per dotare le nuove SSE di Ponte Carrega e Molassana di una seconda fonte di alimentazione, è prevista la realizzazione di un'interconnessione in cavo 15 kV.

Per la realizzazione di detta interconnessione, è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x240) mm².

4.2 Cabine MT/bt di stazione (CdS)

Per soddisfare le esigenze di alimentazione relative agli impianti di stazione, è prevista la realizzazione delle seguenti n° 6 cabine di trasformazione MT/bt:

- Stadio Marassi
- Parenzo
- Staglieno
- Ponte Carrega
- San Gottardo
- Molassana

Con riferimento all'elaborato cod. MGE1 P2 LV IEL COM K 001 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare cabine MT/bt, ciascuna CdS sarà costituita dalle seguenti principali apparecchiature elettromeccaniche:

- Quadro MT, di tipo LSC2AP(M/I) con isolamento misto;
- Trasformatori Servizi Ausiliari MT/bt con isolamento in resina epossidica aventi classe di isolamento 24 kV;
- Quadro generale di bassa tensione QGBT, conforme alla norma CEI EN IEC 61439-1-2;
- Sistema di UPS ridondati (UPS1, UPS2) per alimentazione carichi essenziali;
- Soccorritore CPSS EN50171
- Quadro distribuzione utenze essenziali QE;
- Carica batterie QCB;
- Quadro distribuzione Servizi Ausiliari (230 Vca – 110 Vcc).

Le apparecchiature elettromeccaniche costituenti le CdS saranno ubicate nei locali tecnici appositamente ricavati alla quota strada di ciascuna stazione, ad esclusione della stazione di Parenzo, ove saranno ubicati al piano interrato.

Le principali caratteristiche delle apparecchiature saranno descritte nel successivo paragrafo 6.

4.3 Impianti LFM di stazione

Gli impianti LFM di stazione saranno costituiti dalle seguenti principali dotazioni:

- distribuzione principale e quadri di distribuzione secondaria;
- linee elettriche di distribuzione con relative canalizzazioni;
- impianto di illuminazione normale;
- impianto di illuminazione di emergenza e sicurezza;
- impianto FM;
- impianto di terra.

Nelle scelte progettuali sono stati considerati i seguenti fattori:

- acquisizione del quadro esigenziale e analisi delle possibili alternative progettuali, sia tipologiche che realizzative;
- soddisfazione delle richieste energetiche e massimizzazione dell'efficienza energetica;
- minimizzazione dell'impatto ambientale e ottimizzazione dei parametri di comfort luminoso;
- massimo livello di sicurezza sia in fase di realizzazione, sia di esercizio;
- contenimento dei costi, sia di realizzazione che di gestione, con garanzia della continuità di servizio;
- flessibilità impiantistica, aperta a future modifiche derivanti da nuovi scenari economici e possibili mutate esigenze.

4.3.1 Distribuzione principale e secondaria

Le linee di alimentazione della distribuzione principale a partire dal Quadro Generale di Bassa Tensione (QGBT) ubicato in cabina MT/bt fino ai quadri di distribuzione secondaria per l'alimentazione degli impianti luce e FM, sono realizzate con cavi unipolari e/o multipolari non propaganti l'incendio e a bassissima emissione di fumi e gas tossici, con isolamento in gomma tipo FG16(O)M16 conformi al Regolamento UE 305/11 (CPR) e alle relative norme CEI.

Gli impianti di illuminazione e sicurezza saranno alimentati mediante cavi resistenti al fuoco tipo FTG18(O)M16.



Per i collegamenti fra il quadro generale QGBT ed i quadri di distribuzione è previsto il transito delle linee di alimentazione in appositi canali a filo metallico e/o passerelle in acciaio zincato.

Su tutte le linee di distribuzione in corrispondenza degli attraversamenti di pareti REI, è prevista l'installazione di apposite barriere tagliafiama per il ripristino della resistenza al fuoco degli elementi strutturali attraversati.

Le sorgenti di alimentazione previste sono di tre tipologie:

Sezione *normale* asservita dalla rete pubblica (mediante trasformazione MT/bt) che alimenta:

- impianti di illuminazione ordinaria;
- impianti FM;
- impianti HVAC;
- impianti di movimentazione (ascensori).

Sezione *essenziale* asservita da sistema di n° 2 UPS ridondati che alimenta:

- impianti di segnalamento (IS);
- impianti di telecomunicazioni (TLC);
- impianti di videosorveglianza, controllo accessi, rilevazione incendi.

Sezione *essenziale* asservita da CPSS che alimenta:

- illuminazione di emergenza;
- illuminazione di sicurezza.

I servizi ausiliari di cabina saranno alimentati dal quadro QSA (sezione 230 Vca e 110 Vcc).

4.3.2 Quadri di distribuzione secondaria

Sono previsti quadri di distribuzione secondaria così denominati:

- QESS: quadro essenziale;
- QSA: quadro Servizi Ausiliari (sezione 230 Vca e 110 Vcc).

I quadri di distribuzione secondaria saranno realizzati con montanti in profilati di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata avente una resistenza agli urti adeguata al luogo di installazione; l'indice IK (norma CEI EN 50102) non dovrà essere inferiore ad IK07. Ogni quadro sarà chiuso su ogni lato con pannelli asportabili a mezzo di viti e presenta grado di protezione IP55 (forma 1).

In ogni caso, per evitare l'accesso agli organi di manovra di personale non qualificato, sarà prevista una porta frontale dotata di serratura a chiave e cristallo trasparente.

Anche se prevista la possibilità di ispezione dal retro del quadro, tutti i componenti elettrici saranno facilmente accessibili dal fronte mediante pannelli avvitati o incernierati.

Sul pannello anteriore saranno previste feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando.

Tutte le apparecchiature saranno fissate su guide modulari o su pannelli fissati su specifiche traverse di sostegno.

Gli strumenti e lampade di segnalazione saranno montate sui pannelli frontali.

Sul pannello frontale, ogni apparecchiatura sarà contrassegnata da targhette indicatrici che ne identificano il servizio.

Tutte le parti metalliche del quadro saranno collegate a terra (in conformità a quanto prescritto dalla citata norma CEI EN IEC 61439-1).

4.3.3 Impianto di illuminazione ordinaria delle zone aperte al pubblico (atrio, marciapiedi, ecc.)

Per i requisiti illuminotecnici relativi alle zone in oggetto, si è fatto riferimento alle prescrizioni contenute nella norma UNI 8097 "Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie".

Zona da illuminare	Illuminamento medio nominale E_n [Lx]	Uniformità U	Resa dei colori R_a
Stazioni in superficie			
Banchine	60	1/4	65
Scale	50	1/4	65
Sale accesso	50	1/4	65
Biglietterie	50	1/4	65
Mezzanino	60	1/4	65
Corridoi e passaggi pedonali	50	1/4	65

Tabella 1. Norma UNI 8097 – Parametri illuminotecnici stazioni in superficie

Per le zone delle banchine coperte, si prevede un impianto di illuminazione realizzato mediante apparecchi illuminanti LED atti a garantire un valore di illuminamento medio a 10 cm dal pavimento di 60 lx, con uniformità U non inferiore a 1/4, indice di resa del colore $R_a > 65$.

L'alimentazione degli impianti di illuminazione *ordinaria* è derivata da sezione *normale* (QGBT).

4.3.4 Impianto di illuminazione normale dei locali tecnici

Per la realizzazione degli impianti di illuminazione dei locali tecnici delle stazioni si è fatto riferimento alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 12464-1 (09/2021) "Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni" (Table 61 – Transportation areas – Railway installations).

Per il dimensionamento degli apparecchi illuminanti e del numero di questi da inserire all'interno dei vari ambienti si dovrà tenere conto dei seguenti livelli medi di illuminamento come raccomandato dalle norme UNI EN 12464-1:

- Locali tecnici (MT, bt, IS, TLC) 200 lux
- Aree esterne in prossimità fabbricato 20 lux

Gli apparecchi di illuminazione utilizzati saranno tutti cablati con smart drivers elettronici ed equipaggiati con moduli LED. Questo comporta un risparmio energetico rispetto ad un reattore di tipo induttivo di oltre 50 %.

Per i locali apparati, di diagnostica e controllo, gli apparecchi di illuminazione previsti avranno tutti ottica dark light, antiriflesso ed antiridescenza a bassissima luminanza.

4.3.5 Impianto di illuminazione di emergenza e sicurezza dei locali tecnici e aree aperte al pubblico

Gli apparecchi di illuminazione di sicurezza saranno impiegati per l'illuminazione delle uscite di sicurezza e delle vie di esodo; saranno dotati di batteria autonoma mantenuta in tampone da fonte centralizzata (CPSS) mediante appositi circuiti opportunamente separati dai circuiti ordinari; avranno un'autonomia minima di 3 h comunque in conformità al DM.21/10/2015.

Si prevede inoltre l'installazione di apparecchi illuminanti analoghi a quelli alimentati da circuito normale e CPSS ma di tipologia autoalimentata mediante batteria tampone.

Per la segnaletica di sicurezza saranno utilizzati apparecchi autoalimentati con moduli LED del tipo SA con autonomia minima 3 h, equipaggiati con pittogrammi autoadesivi visibili fino a 27 m e rispondenti alla norma ISO 3864 in quanto aventi le seguenti caratteristiche:

- colori conformi alla norma;
- luminanza di tutta la superficie del colore di sicurezza superiore a 2 cd/m² in tutte le direzioni;
- rapporto fra la luminanza massima e minima sempre compreso fra 5 e 15.

Trattandosi di stazioni aperte non interrate secondo il DM. 21/10/2015 Capo II punto 6. non necessitano di particolari approntamenti antincendio ad eccezione delle strutture e degli elementi costruttivi, che devono essere incombustibili e che non devono dare luogo a distacchi e cadute di parti in caso di incendio, dell'impianto idranti in banchina, dell'illuminazione di emergenza e dell'impianto di comunicazione di emergenza.

Nelle aree aperte al pubblico per l'illuminazione di sicurezza, il DM 21.10.2015 prescrive per le banchine, scale fisse e mobili e percorsi di esodo 10 lx medi e 5 lx solo per le altre zone. Per i locali tecnici, il DM 21.10.2015 prescrive 2 lx medi.

L'illuminazione di emergenza in linea sarà pari a 10 lx medi come prescritto dal DM 21.10.2015 al capo VII.7. "Impianti di illuminazione di sicurezza delle sedi", essendo la sede di tipo confinato (viadotto) con copertura.

4.3.6 Impianto FM

L'impianto di forza motrice è suddiviso in due sotto impianti:

- Impianto prese;
- Impianto di alimentazione utenze fisse.

4.3.6.1 Impianto prese

L'impianto prese è costituito da linee dorsali posate all'interno di un canale portacavi in acciaio zincato. Sul canale in acciaio zincato è prevista l'installazione di scatole di derivazione, per derivare il circuito di alimentazione delle prese dalle linee dorsali.

Un'opportuna tubazione in acciaio zincato consente la posa dei cavi di alimentazione dal canale fino al gruppo prese.

Sono previste le seguenti tipologie di gruppi prese:

- Gruppo prese a parete per installazione incassata, composto da n. 1 presa universale 2P+T 10/16A e n. 1 presa bipasso 2P+T 10/16A;
- Gruppo prese interbloccate per installazione a vista, costituito da:
 - N. 1 presa interbloccata con interruttore magnetotermico differenziale dedicato da 0,3 A 3P+T+N da 32A 400V;
 - N. 2 prese interbloccate con interruttore magnetotermico differenziale da 0,03A (dedicato a ciascuna presa) 2P+T da 16A 230V.

Ciascun gruppo prese interbloccate sarà costituito da prese industriali con interruttore di blocco in resina termoindurente per impieghi gravosi, rispondenti alle norme IEC EN 60309-1, IEC EN 60309-2 e IEC EN 60309-4.

Su indicazione del Gestore, nei servizi igienici non saranno installati gruppi prese a parete di nessun genere; tutte le utenze elettriche (ad es. boiler, asciugamani elettrici, ecc.) saranno direttamente collegati all'impianto senza inserzioni a spina (cfr. 4.3.6.2).

4.3.6.2 Impianto di alimentazione utenze fisse

L'impianto di alimentazione delle utenze fisse prevede l'alimentazione delle seguenti apparecchiature:

- punto di alimentazione apparecchiature impianti di condizionamento e ventilazione;
- punto di alimentazione boiler servizi igienici;
- punto di alimentazione asciugamani elettrici;
- punto di alimentazione addolcitore servizi igienici (eventuale);
- punto di alimentazione radiatore servizi igienici (eventuale).

I punti di alimentazione sono costituiti da una scatola in PVC all'interno della quale sono installati i morsetti per attestazione del cavo elettrico.

4.3.7 Impianto di terra

Il progetto prevede, per ciascuna stazione, la realizzazione di un impianto di terra comune a quello della cabina MT/bt, costituito da un anello dispersore in treccia di rame nuda di sezione 1x95 mm², interrato perimetralmente ai locali tecnologici ed integrato con picchetti componibili in acciaio rivestito in rame di lunghezza pari a 3,00 m, installati ciascuno in pozzetto di cemento (500x500x100mm) di tipo ispezionabile per misure.

All'impianto di terra dei locali tecnologici sono collegati:

- tutte le strutture metalliche dei quadri elettrici con conduttori in rame della sezione di 16 mm²;
- tutte le parti metalliche di apparecchiature elettriche, normalmente in tensione, con conduttori in rame aventi una sezione pari alla sezione di fase per sezioni di fase fino a 16 mm² ed alla metà della sezione di fase al di sopra di 25 mm²;
- tutti i collegamenti equipotenziali previsti per le masse estranee (tubazioni, canalizzazioni, ecc.).

La bandella di messa a terra a cui fanno capo tutti i collegamenti equipotenziali avrà dimensioni indicative di 650mm x 100mm x 10mm e prevederà almeno n. 30 fori di diametro differente al fine di

poter collegare tutte le utenze che necessitano di collegamento equipotenziale. I fori saranno ripartiti in: n. 10 Ø 6 mm, n. 10 Ø 10 mm e n. 10 Ø 13 mm.

4.4 Impianti LFM di linea

Nei seguenti paragrafi sono descritte le principali dotazioni relative agli impianti di illuminazione e F.M. in linea.

4.4.1 Impianto di illuminazione di emergenza in linea

L'impianto ha lo scopo di illuminare i camminamenti di superficie utilizzabili dai passeggeri in caso di forzata evacuazione dai treni, permettendo l'individuazione del percorso da seguire.

Il tipo di illuminazione adottata deve essere tale da non alterare la vista dei segnali.

Con riferimento alla norma UNI 8097 "Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie", l'impianto deve garantire i valori illuminotecnici minimi indicati nel prospetto 1 (cfr. tabella seguente):

- Illuminamento E_n 5 lx
- Uniformità U 1/10
- Resa dei colori R_a 20

prospetto 1 Valori illuminotecnici minimi per zone di una metropolitana

Zona da illuminare	Illuminamento E_n Lx	Uniformità U	Resa dei colori R_a
Stazioni in superficie:			
- banchine,	60	1/4	65
- scale,	50	1/4	65
- sale accesso,	50	1/4	65
- biglietterie,	50	1/4	65
- mezzanino,	60	1/4	65
- corridoi e passaggi pedonali.	50	1/4	65
Stazioni sotterranee:			
- banchine,	120	1/4	65
- scale,	100	1/4	65
- sale accesso,	100	1/4	65
- biglietterie,	100	1/4	65
- mezzanino,	120	1/4	65
- corridoi e passaggi pedonali.	100	1/4	65
Camminamenti in galleria	5	1/10	40
Camminamenti in superficie	5	1/10	20

Tabella 2. Norma UNI 8097 – Prospetto 1

Il valore indicato per l'illuminamento si intende misurato alla quota di 10 cm dal pavimento.

L'impianto è costituito da apparecchi illuminanti LED autoalimentati in funzionamento SA, ubicati con interdistanza pari a circa 15 m, derivati dalla rete *essenziale* (CPSS) di ciascuna stazione mediante cassette di derivazione in acciaio inox.

Le principali caratteristiche degli apparecchi illuminanti sono:

- Potenza LED 1x4 W
- Potenza totale 6 W
- Flusso luminoso 580 lm
- Temperatura di colore 4000 K
- CRI >80
- Grado di protezione IP66
- Resistenza agli urti IK10
- Classe di isolamento II
- Autonomia min. 3 h

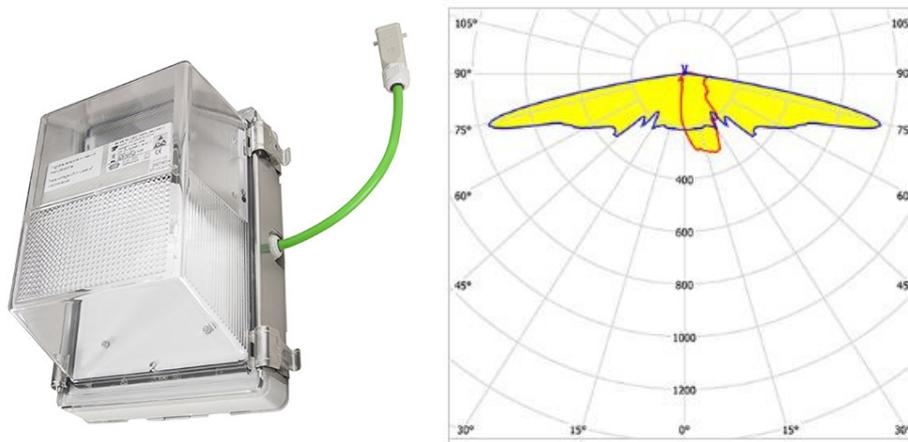


Figura 1. Apparecchio illuminante e curva fotometrica

Per le dorsali di alimentazione è previsto l'impiego di cavo resistente al fuoco, del tipo FTG18(O)M16 di formazione / sezione 2x6 mm².

L'accensione dell'impianto è prevista mediante comando da relè astronomico.

4.4.2 Impianto prese di servizio in linea

L'impianto è costituito da quadretti prese installati lungo linea, ubicati in prossimità degli inverter di stringa dell'impianto fotovoltaico (uno ogni 45 m circa).

Ogni quadretto prese è composto da:

- N° 1 presa 2P+T, 16 A, 230 V, IP66 con interruttore di blocco
- N° 1 presa 3P+N+T, 32 A, 400 V, IP66 con interruttore di blocco
- N° 1 centralino da esterno, IP66, 8 moduli
- N° 1 cassetta da esterno, IP66
- N° 2 basi modulari per montaggio in batteria delle prese, IP66
- N° 1 interruttore magnetotermico differenziale 2P, 16 A, Id 30 mA
- N° 1 interruttore magnetotermico differenziale 4P, 32 A, Id 300 mA
- Morsetti, raccordi e accessori di completamento

Le prese saranno realizzate con materiale termoindurente ed avranno grado resistenza agli urti minimo IK09.

I quadretti prese sono alimentati da dorsali in bassa tensione provenienti dai quadri QGBT (sezione *normale*) delle cabine MT/bt di stazione mediante cavo di tipo FG16(O)M16 di sezione 95 mm².

Per il conduttore PE sono impiegati stacchi di formazione / sezione 1x50 mm² dalla dorsale PE di linea comune a tutti gli impianti LFM (1x95 mm²).



Figura 2. Esempio di quadretto prese interbloccate

4.5 Impianti di alimentazione delle utenze essenziali (CBTC, TLC, ecc.)

Per garantire l'alimentazione degli impianti essenziali (CBTC, TLC, ecc.) con i prescritti valori di disponibilità, nelle stazioni di:

- Stadio Marassi
- Parenzo
- Staglieno
- Ponte Carrega
- San Gottardo
- Molassana

è prevista l'installazione di adeguati sistemi di UPS ridondati.

Con riferimento alla seguente figura, ciascun sistema UPS è composto dai seguenti *rami* o *sottoassiemi* funzionali:

- Ramo c.a.:
 - Sezione raddrizzatore
 - Sezione inverter
 - Interruttore statico
- Ramo c.a. emergenza:
 - Interruttore statico

- Ramo by-pass manuale per manutenzione
- N. 1 batteria di accumulatori

Gli ingressi del ramo c.a. e del ramo c.a. emergenza di ciascun UPS sono alimentati dal quadro QGBT.

Le uscite degli UPS convergono sugli ingressi di uno switch statico (STS) in grado di trasferire sulla propria uscita "a tempo zero" una delle sue due linee in ingresso. L'uscita dello switch statico è collegata al quadro essenziale QE.

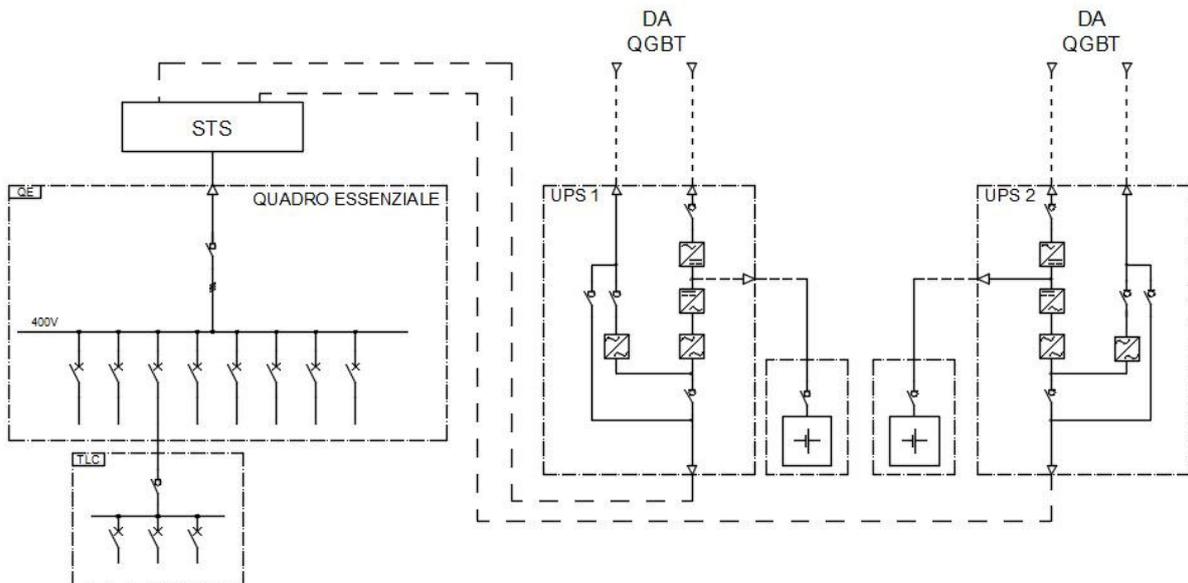


Figura 3. Sistema di UPS ridondati, switch statico e quadro essenziale QE

Il quadro essenziale QE distribuisce in uscita l'alimentazione agli impianti IS, TLC e agli altri impianti che necessitano della continuità assoluta.

4.5.1 Dimensionamento UPS

Per il dimensionamento preliminare degli UPS si è fatto riferimento ai seguenti carichi essenziali:

- | | |
|--------------------------|--------|
| • Centralina AI | 0,5 kW |
| • Centralina AN | 0,5 kW |
| • Utenze CBTC | 15 kW |
| • Wi-Fi vitale N nord | 0,6 kW |
| • Wi-Fi vitale N sud | 0,6 kW |
| • Wi-Fi vitale R nord | 0,6 kW |
| • Wi-Fi vitale R sud | 0,6 kW |
| • Wi-Fi TLC nord | 0,6 kW |
| • Wi-Fi TLC sud | 0,6 kW |
| • Box Agente | 2,5 kW |
| • Server TVCC | 0,6 kW |
| • Diffusione sonora EVAC | 2,5 kW |
| • Rete multiservizi TLC | 0,5 kW |
| • QTO | 0,5 kW |



- Aux MT/bt 0,5 kW
- SCADA 1 1 kW
- SCADA 2 1 kW

che complessivamente ammontano a 28,2 kW.

Considerando una riserva pari al 15%, si ottiene una potenza pari a circa 32 kW.

Si sceglie pertanto un sistema di UPS ridondati di *taglia* commerciale più prossima a detto valore (32 kW – 40 kVA – Ingresso trifase + N/Uscita trifase + N).

4.5.2 Dimensionamento CPSS

Per il dimensionamento preliminare del CPSS si è fatto riferimento ai seguenti carichi essenziali:

- Illuminazione Emergenza Stazione 1 0,70 kW
- Illuminazione Emergenza Stazione 2 0,70 kW
- Illuminazione Emergenza fabbricato tecn.co circ. 1 0,20 kW
- Illuminazione Emergenza fabbricato tecn.co circ. 2 0,20 kW
- Illuminazione Emergenza Esterne circ. 1 0,35 kW
- Illuminazione Emergenza Esterne circ. 2 0,35 kW
- Illuminazione Emergenza di linea A pari 0,30 kW
- Illuminazione Emergenza di linea A dispari 0,30 kW
- Illuminazione Emergenza di linea B pari 0,30 kW
- Illuminazione Emergenza di linea B dispari 0,30 kW

che complessivamente ammontano a 3,7 kW.

Considerando una riserva pari al 20%, si ottiene una potenza pari a circa 4,5 kW.

Considerata inoltre l'autonomia richiesta pari a due ore si prevede un CPSS "maggiorato" a 10 kVA (8 kW) Ingresso trifase + N/Uscita trifase + N.

4.6 Impianto fotovoltaico (previsto a cura di altro intervento)

Nei seguenti paragrafi è riportata una sommaria descrizione relativa all'impianto fotovoltaico a servizio di Skymetro, anche se la sua fornitura / realizzazione è prevista a cura di altro intervento.

4.6.1 Principio di funzionamento

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua; uno di questi elementi è il silicio, che compone la cella fotovoltaica. Più celle unite tra loro formano i pannelli fotovoltaici, studiati per convertire l'energia elettromagnetica (la quota parte dello spettro che comunemente chiamiamo "luce") in energia elettrica, sfruttando le caratteristiche chimiche e fisiche del materiale siliceo di cui sono composti.

I pannelli fotovoltaici sono utilizzati in quanto il loro impiego è estremamente flessibile e permettono di ottenere energia elettrica a basso costo di esercizio.

In condizioni standard di riferimento (irraggiamento pari a 1000 W/m^2 e temperatura pari a 25°C), è possibile prelevare ai suoi capi una tensione di $0,5 \text{ V}$; l'erogazione di corrente continua è pari a circa 3 A , per cui la potenza di picco generata è pari a $1,5 \text{ W}$.

Le celle fotovoltaiche forniscono valori di tensione e corrente limitati in rapporto ai valori richiesti dagli apparecchi utilizzatori: esse sono pertanto collegate elettricamente in serie a formare una struttura robusta e maneggevole detta modulo fotovoltaico. Più moduli fotovoltaici sono generalmente montati su una stessa struttura di sostegno, costituendo un pannello.

Gli impianti per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica presentano diversi vantaggi, tra i quali i più significativi sono:

- assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;
- risparmio dei combustibili fossili;
- estrema affidabilità (vita utile superiore a 25 anni);
- costi di manutenzione ridotti al minimo;
- modularità del sistema (per aumentare la *taglia* è sufficiente aumentare il numero dei moduli e/o degli inverter).

4.6.2 Principali componenti ed installazione

Un impianto fotovoltaico standard connesso alla rete è costituito dai componenti evidenziati nello schema sottostante; le funzioni dei dispositivi mostrati sono le seguenti:

- i moduli fotovoltaici, elemento essenziale dell'impianto, captano la radiazione solare durante il giorno e la trasformano in energia elettrica in corrente continua;
- l'inverter trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze delle comuni apparecchiature elettriche;
- i misuratori di energia, sono dispositivi che servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

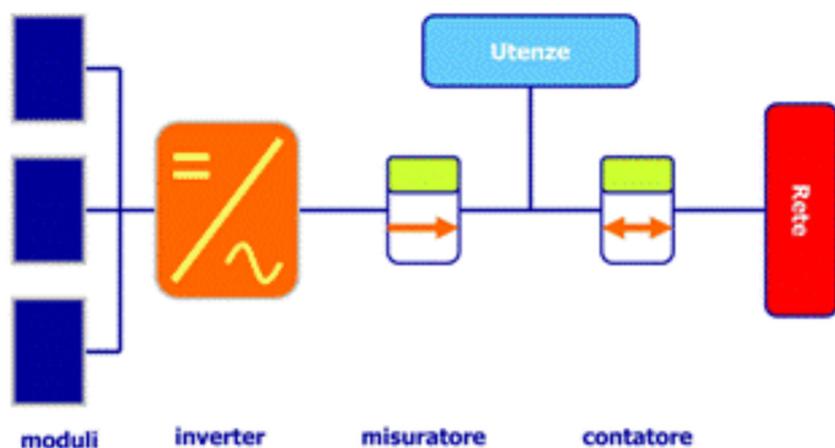


Figura 4. Schema di principio esemplificativo di impianto fotovoltaico

Un impianto fotovoltaico dovrebbe essere installato con le superfici dei pannelli esposte a sud (angolo di azimut = 0°). Installazioni con esposizione verso sud-est o sud-ovest sono ammesse, prevedendo che, una volta in esercizio, l'impianto abbia una leggera perdita di produttività rispetto alla soluzione con esposizione ottimale.

Per quanto riguarda l'inclinazione dei pannelli (tilt), l'inclinazione di 30° rispetto al piano è quella che in Italia permette di avere la massima produzione annua di energia. In questo caso, l'incidenza di una differente inclinazione (tilt 0°) sulla potenzialità produttiva dell'impianto consente di massimizzare la produzione in quanto permette di installare un numero superiore di pannelli che diversamente dovrebbero essere fra loro opportunamente distanziati al fine di evitare ombreggiamenti.

4.6.3 Predisposizioni aree

Nel presente progetto sono previsti gli spazi atti ad ospitare le apparecchiature specifiche dell'impianto Fotovoltaico:

- Trasformatore MT/bt
- Inverter di stringa
- Quadro di parallelo inverter
- Pannelli fotovoltaici

5. ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI

La seguente Tabella riporta un'analisi dei principali carichi elettrici previsti per una stazione-tipo e per la fermata di Brignole Sant'Agata in viadotto, valutati in questa fase progettuale con coefficienti di utilizzazione Ku unitari.

TIPOLOGICO STAZIONE SU VIADOTTO			
Quadro	Descrizione	Tipologia impianto	Potenza elettrica (kW)
QGBT	UCA 1-2-3	HVAC (Condizionamento)	15,00
QGBT	Estrattori 1-2-3-4-5	HVAC (Ventilazione)	1,50
QGBT	Condizionatori locali	HVAC	14,00
QGBT	Prese FM locali fabbricato tecn.co	LFM	16,75
QGBT	Box Agente	LFM	7,00
QGBT	Illuminazione locali tecnici	Illuminazione (Normale)	1,15
QGBT	Illuminazione stazione (banchine + esterno)	Illuminazione (Normale)	4,20
QGBT	Ascensori (n° 2)	Movimentazione	12,00
QGBT	SSE ausiliari (valido per Ponte Carrega e Molassana)	SSE	50,00
QGBT	Prese stazione	LFM (Normale)	10,00
QGBT	Prese linea	LFM (Normale)	30,00
QGBT	Quadro Carica Batterie		3,20
QGBT	Quadro Servizi Ausiliari		2,50
QGBT	UPS (40 kVA)		32,00
QGBT	CPSS (10 kVA)		8,00
Totale			207,30

Tabella 3. Elenco dei carichi per stazione-tipo in viadotto

STAZIONE BRIGNOLE S. AGATA			
Quadro	Descrizione	Tipologia impianto	Potenza elettrica (kW)
QBT	Ascensori (n° 2)	Movimentazione	12,00
QBT	Illuminazione quota strada	Luce (Normale)	0,65
QBT	Illuminazione passerella + loc. tecnico	Luce (Normale)	0,65
QBT	Illuminazione quota banchine	Luce (Normale)	0,90
QBT	Prese banchine	LFM (Normale)	12,00
QBT	CPSS (10 kVA)		8,00
Totale			34,2

Tabella 4. Elenco dei carichi per stazione Brignole Sant'Agata

Per la scelta della potenza nominale dei trasformatori da installare in ciascuna CdS, si effettuano le seguenti ipotesi:

- fattore di potenza generale degli impianti $\cos\phi$ pari a 0,9;
- funzionamento di una sola macchina (la seconda macchina ha funzione di riserva);
- scorta in termini di potenza pari a circa il 10%.

Sulla base delle precedenti considerazioni, si scelgono trasformatori di potenza unificata nominale pari a 250 kVA.

Per la Stazione di Brignole Sant'Agata si prevede l'alimentazione dal QBT CDS ubicato in cabina di trasformazione a Genova Brignole. Sarà prevista una nuova protezione elettrica di corrente nominale pari a 100A da inserire in detto quadro (tale modifica ne comporterà la ricertificazione). Dall'analisi dei carichi esistenti (circa 400kW) la potenza necessaria ad alimentare i nuovi carichi risulta compatibile con la taglia dei trasformatori esistenti (800kVA).

Sarà prevista una linea in cavo FG16M16 che alimenterà un nuovo quadro (QBT Sant'Agata) ubicato in un nuovo locale tecnico in adiacenza alla passerella di collegamento alla nuova stazione. I cavi dei circuiti terminali di detta stazione saranno posati in opportuni canali in acciaio zincato.

Per l'impianto fotovoltaico, considerati i valori di produzione, risulta conveniente prevedere in ciascuna stazione un trasformatore dedicato, piuttosto che sovradimensionare i due trasformatori scelti in precedenza; per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo relativo all'impianto fotovoltaico (a cura di altro intervento).

6. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI

In ciascuna CdS si prevede l'installazione delle seguenti principali apparecchiature elettromeccaniche:

- Quadro di Media Tensione QMT;
- Trasformatori di distribuzione Servizi Ausiliari MT/bt;
- Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT;
- Sistema di n° 2 UPS ridondati;
- CPSS
- Quadro essenziale QESS;



- Carica batterie QCB;
- Quadro distribuzione Servizi Ausiliari (230 Vca – 110 Vcc).

Nei successivi paragrafi è fornita una descrizione delle principali caratteristiche relative ai suddetti componenti.

6.1 Quadro di Media Tensione QMT

Il quadro QMT sarà realizzato conformemente alla norma CEI EN IEC 62271-200 (CEI 17-6) e alle prescrizioni contenute nella Linea Guida RFI DMA IM LA LG IFS 300 A con esenzione da gas isolante SF6.

Essendo in presenza di locale tecnico senza particolari condizioni ambientali ed operative, il quadro sarà del tipo LSC 2A P(M/I) con isolamento misto.

In relazione alle unità funzionali previste per le varie cabine, il quadro QMT verrà sviluppato generalmente con andamento sinistra/destra e sarà costituito dai seguenti scomparti normalizzati:

- N° 2 Scomparti unità arrivo/partenza linea radiale e/o ad anello con interruttore;
- N° 1 Scomparto unità misure con sezionatore e fusibili;
- N° 3 Scomparti unità protezione trasformatori di potenza con interruttore.

I compartimenti saranno dotati di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che potrebbero compromettere, oltre che l'efficienza e l'affidabilità delle apparecchiature, la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

I principali dati elettrici del quadro QMT sono i seguenti:

- | | |
|--|-------------|
| ● Tensione di esercizio | (15 kV) |
| ● Tensione nominale | 24 kV |
| ● Frequenza nominale | 50 Hz |
| ● Tensione di tenuta a 50 Hz Ud | 50 kV |
| ● Tensione di tenuta a impulso 1,2/50 s Up | 125 kV |
| ● Corrente nominale sbarre principali | 630 A |
| ● Corrente nominale ammissibile di breve durata per 1" | 16 kA |
| ● Corrente di cresta della corrente di breve durata | 40 kA |
| ● Tenuta all'Arco Interno sui quattro lati | 16 kA – 1 s |
| ● Grado di protezione involucro esterno | IP2XC |
| ● Grado di protezione separazioni interne | IP2X |

Per ciascun quadro QMT sarà inoltre previsto un sistema di supervisione e gestione basato su UPC, alloggiata in uno scomparto BT del quadro; l'UPC permetterà la comunicazione con il sistema di supervisione esistente ubicato al PCA di Brin; in futuro sarà quindi possibile comandare e controllare da postazione remota gli enti (interruttori) di ciascun quadro MT.

6.2 Trasformatori Servizi Ausiliari MT/bt

La potenza installata in ciascuna cabina viene fornita da n° 2 trasformatori isolati in resina epossidica, rispondenti al Regolamento (UE) 2019/1783 e s.m.i., dedicati rispettivamente:



- Trafo TRA1: alimentazione ordinaria carichi (QGBT);
- Trafo TRA2: alimentazione di riserva carichi (QGBT).

Il TRA1 è normalmente operativo mentre il TRA2 è in riserva al primo nel caso di fuori servizio. Tale relazione funzionale è realizzata mediante opportuni interblocchi, presenti nel quadro generale di bassa tensione QGBT, necessari ad evitare il funzionamento in parallelo continuativo dei due trasformatori.

Le caratteristiche tecniche dei n° 2 trasformatori sono le seguenti:

- Potenza nominale TRA1, TRA2: 250 kVA
- Tensione primaria: (15 kV $\pm 2 \times 2,5\%$)
- Tensione secondaria (a vuoto): 400 V / 230V
- Frequenza: 50 Hz
- Gruppo vettoriale: Dyn11
- Tensione di c.c.: 6 %
- Classe Ambientale: E2
- Classe Climatica: C2 (minima)
- Classe di comportamento al fuoco: F1 (minima)

Ciascun trasformatore è corredato di un box di contenimento e protezione di dimensioni opportune, allo scopo di rispettare le distanze minime delle parti in tensione verso terra.

Il grado di protezione sarà IP31. Il box è corredato di blocco di sicurezza con i dispositivi del QMT da cui viene alimentato ed avrà installata una centralina termometrica doppia soglia (ANSI 26). Il box trasformatore dovrà inoltre essere dotato di serratura a chiave prigioniera, a porta aperta, per realizzare l'interblocco con il sezionatore a monte e di feritoie per la ventilazione.

I cavi di collegamento dei trasformatori TRA1 e TRA2 al quadro generale di bassa tensione (QGBT) sono isolati in EPR LSOH, tipo FG16M16 0,6/1 kV, e si estendono per una lunghezza di circa 15 m.

6.3 Trasformatori MT/bt impianto fotovoltaico (a cura altro intervento)

I trasformatori MT/bt relativi all'impianto fotovoltaico sono a cura di altro intervento.

6.4 Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT

Il Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT sarà costituito da un armadio modulare dotato di più scomparti affiancati.

La configurazione prevede n° 2 interruttori motorizzati, in esecuzione estraibile, a protezione dei montanti di macchina.

Lo schema di cabina prevede l'interblocco fra gli interruttori suddetti al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori; dovrà essere però consentito il "parallelo temporaneo" da utilizzare, ad esempio, nel caso di commutazione voluta tra i due trasformatori per motivi manutentivi, andando ad evitare la disalimentazione, seppure temporanea, della distribuzione principale, con conseguente fuori servizio degli impianti di illuminazione, impianti FM, impianti HVAC, impianti di movimentazione (ascensori), nonché l'alimentazione degli UPS a servizio della distribuzione essenziale.

È previsto il trascinamento elettrico MT/bt.

La struttura del quadro sarà realizzata con strutture in profilati di acciaio e pannelli di chiusura. La struttura sarà chiusa su ogni lato e posteriormente, ed il pannello posteriore dovrà poter essere rimosso unicamente tramite attrezzo al fine di poter ispezionare o rimuovere eventuali apparecchiature fuori uso. La carpenteria nel complesso dovrà essere opportunamente trattata, internamente ed esternamente, contro la corrosione mediante cicli di verniciatura esenti da ossidi di metalli pesanti, di colore RAL7030. Le portine anteriori saranno incernierate ed avranno una tenuta garantita da apposite guarnizioni di gomma con chiusura a serratura con chiave tipo Yale o ad impronta incassata, quadra o triangolare. Le portine saranno provviste di opportune asole, comprensive di idonee cornici coprifilo, al fine di consentire la fuoriuscita delle leve di comando degli interruttori di potenza installati all'interno del quadro.

Le principali caratteristiche elettriche del quadro in oggetto sono:

- Tensione nominale di alimentazione: 400/230 V trifase con neutro
- Tensione di alimentazione circuiti ausiliari 110 Vcc da QSA
- Tensione di isolamento: 690 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione di tenuta impulso: 8 kV
- Corrente nominale di c.to c.to ICW: almeno 70 kA
- Segregazione Forma 3
- Grado di protezione: IP 55
- Portelle: In lamiera incernierata
- Installazione A pavimento
- Entrata/uscita cavi: Dal basso

La carpenteria è dimensionata affinché la temperatura di esercizio assicuri una adeguata dissipazione per convezione ed irraggiamento del calore prodotto dalle perdite, in relazione alle condizioni ambientali di installazione, determinate dalle indicazioni di progetto.

Sulla parte bassa del quadro sarà presente una morsettiera DIN per l'attestazione dei cavi di alimentazione delle varie utenze, di sezione adeguata al cavo da morsettare di volta in volta. I quadri dovranno contenere le apparecchiature indicate sugli schemi di progetto che verranno realizzati nelle successive fasi progettuali.

A valle dei due interruttori generali del QGBT dovrà essere inserito un multimetro digitale in grado di eseguire le misure delle seguenti grandezze:

- Tensioni di alimentazione concatenate e di fase (V)
- Correnti assorbite da ogni fase (A)
- Fattore di potenza ($\cos\phi$)
- Frequenza (Hz)
- Potenza attiva (kW)
- Potenza reattiva (kVAR)
- Potenza apparente (kVA).

Le sbarre presenti nel quadro saranno in rame elettrolitico, di sezione rettangolare a spigoli arrotondati, fissate alla struttura a mezzo di appositi supporti isolanti (portabarre). Sia le sbarre che i



supporti isolanti saranno disposti in modo tale da permettere modifiche e/o ampliamenti futuri nel quadro.

Tutti i conduttori presenti nel quadro dovranno essere identificati a mezzo di apposite targhette identificative installate alle estremità di ciascun cavo per la loro univoca identificazione, così come le morsettiere, del tipo componibile su guida unificata, a cui si attestano i singoli cavi, dovranno essere munite di numerazione corrispondente agli schemi elettrici di progetto e opportunamente separate con diaframmi isolanti tra le varie utenze.

Le sbarre principali dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari al doppio della taglia degli interruttori generali della rispettiva sezione, mentre le sbarre di distribuzione secondaria dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari a 1,5 volte quella degli interruttori generali della rispettiva sezione.

Tutte le sbarre, comunque, dovranno essere dimensionate per sopportare le sollecitazioni dinamiche per i valori delle correnti di corto circuito previste. Nel quadro dovrà essere installato il conduttore di protezione, in barra di rame, che dovrà essere dimensionata sulla base delle sollecitazioni dovute alle correnti di guasto (cfr. CEI EN IEC 61439).

Nel quadro è prevista la sezione normale alimentata dai trasformatori MT/bt; gli ausiliari sono alimentati dalla sezione essenziale a 230 Vca oppure 110 Vcc.

6.5 Sistema di UPS ridondati

Sistema costituito da n° 2 UPS ridondati di tipo VFI a doppia conversione, rispondenti alle norme IEC/EN 62040-1, IEC/EN 62040-2, EN 62040-3.

Gli UPS avranno le seguenti principali caratteristiche:

- Potenza nominale: 40 kVA – 32 kW
- Ingresso:
 - Tensione nominale: 400 V trifase + N
 - Tolleranza di tensione: 240 V ÷ 480 V
 - Frequenza nominale: 50/60 Hz ± 10%
- Uscita:
 - Fattore di potenza: 0,9 (secondo IEC/EN 62040-3)
 - Tensione nominale: 400 V trifase + N (configurabile a 380 / 415 V)
 - Frequenza nominale: 50/60 Hz
- Rendimento in modalità VFI: fino al 95%
- Batteria:
 - Tecnologia: VLRA
 - Configurazione: esterna
 - Autonomia: 120'
- Caratteristiche ambientali:
 - Temp. ambiente esercizio: fino a +40°C

- Interruttore bypass di manutenzione interno
- Interruttore sezionatore di uscita
- Interruttore sezionatore rete ausiliaria
- Funzionalità di comunicazione:
 - Display grafico da 3,5" multilingue
 - Porta USB per download storico eventi
 - Porta Ethernet per interventi assistenza
 - Interfaccia a contatti puliti configurabili
 - MODBUS RTU RS485 o TCP
 - Gateway PROFIBUS / PROFINET
 - Interfaccia BACnet / IP

6.6 Soccorritore-CPSS

Il CPSS avrà le seguenti principali caratteristiche:

- Conformità EN 50171
- Potenza nominale: 10 kVA – 8 kW
- Ingresso:
 - Tensione nominale: 400 V trifase + N
 - Tolleranza di tensione: 240 V ÷ 480 V
 - Frequenza nominale: 50/60 Hz ± 10%
- Uscita:
 - Fattore di potenza: 0,9 (secondo IEC/EN 62040-3)
 - Tensione nominale: 400 V trifase + N (configurabile a 380 / 415 V)
 - Frequenza nominale: 50/60 Hz
- Rendimento in modalità VFI: fino al 95%
- Batteria:
 - Tecnologia: VLRA
 - Configurazione: esterna
 - Autonomia: 120'

7. CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI

I luoghi oggetto del presente progetto ed inerenti agli impianti aperti al pubblico, sono classificati di tipo:

A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO

per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento in caso di incendio o per l'elevato danno ad animali e cose ai sensi della Norma CEI 64-8, par. 751.



8. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

All'interno delle cabine MT/bt, lato bassa tensione, il sistema elettrico principale è di tipo TN-S (400/230 V trifase con neutro, 50 Hz).

All'interno dei locali tecnologici di stazione, il sistema elettrico principale è di tipo TN-S (400/230 V trifase con neutro, 50 Hz).

Per tutte le nuove utenze che si sviluppano all'esterno dei suddetti fabbricati, si adotta il sistema TT; tale scelta è determinata dall'opportunità di non estendere l'area equipotenziale delle cabine MT/bt (coincidenti con quelle di ciascun fabbricato) alle utenze di piazzale; dette utenze possono infatti ricadere in zone di influenza di altri sistemi elettrici (tipicamente quello a 700 V c.c. relativo alla trazione elettrica); in tal caso, oltre alle prescrizioni contenute nella norma CEI 64-8, occorre applicare anche le prescrizioni contenute nella norma CEI EN 50122-1.

Gli impianti di illuminazione dei marciapiedi e delle aree esterne sono alimentati dalla sezione normale del QGBT mediante condutture e componenti in Classe II.

Gli impianti di illuminazione di emergenza e sicurezza sono alimentati dal quadro QESSENZIALE (sezione sotto Soccorritore CPSS conforme EN50171) installato nel locale tecnologico di stazione mediante condutture resistenti al fuoco e componenti in Classe II e autonomia minima di 2h in conformità al DM 21.10.2015.

La tensione di alimentazione per tutte le generiche utenze di fabbricato e di piazzale è 400/230 V con neutro distribuito, frequenza 50 Hz, corrente presunta di cortocircuito che dovrà essere calcolata nelle successive fasi progettuali in funzione della potenza nominale scelta per i trasformatori delle CdS.

9. SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI

La protezione contro i contatti diretti è garantita dall'isolamento delle parti attive, rimovibile solamente per distruzione dei materiali isolanti, e dall'uso di componenti dotati di idoneo grado di protezione IP, aventi involucri o barriere rimovibili solamente con l'uso di un attrezzo.

La protezione contro i contatti indiretti è attuata con le seguenti modalità:

- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, sistema TT: si impiegano dispositivi a corrente differenziale coordinati con la resistenza del dispersore, adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.1.4.2 ($RE \times I_{dn} \leq UL$, dove RE è la resistenza del dispersore in Ω , I_{dn} è la corrente nominale differenziale in A e UL è la tensione di contatto limite convenzionale in V).
- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, sistema TN: si impiegano dispositivi di protezione coordinati con l'impedenza dell'anello di guasto in modo da ottenere l'interruzione automatica dell'alimentazione entro il tempo specificato (0,4 s), adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.1.3.3 ($ZS \times I_a \leq U_0$, dove ZS è l'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 un tempo

definito in funzione della tensione nominale U_0 per i circuiti terminali ed entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s per gli altri circuiti, U_0 è la tensione nominale verso terra in V).

- Protezione mediante separazione elettrica: si impiegano sorgenti di alimentazione costituite da trasformatori costruiti secondo la specifica IS 365 ed. 2008 e realizzando l'isolamento principale dei circuiti separati da altri circuiti e da terra, adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.5 nel caso di alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e punto 413.6 nel caso di alimentazione di più apparecchi utilizzatori.
- Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente: si impiegano componenti elettrici dotati di isolamento doppio o rinforzato, involucri isolanti aventi grado di protezione minimo IPXXB e condutture elettriche costituite da:
 - cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
 - cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante, rispondente alle rispettive Norme;
 - cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno (per memoria);

adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.2.

10. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra di cabina MT/bt è progettato con riguardo alla tensione di contatto ammissibile U_{Tp} , seguendo il diagramma di flusso riportato nella figura 5 della norma CEI EN 50522 (cfr. Figura seguente).

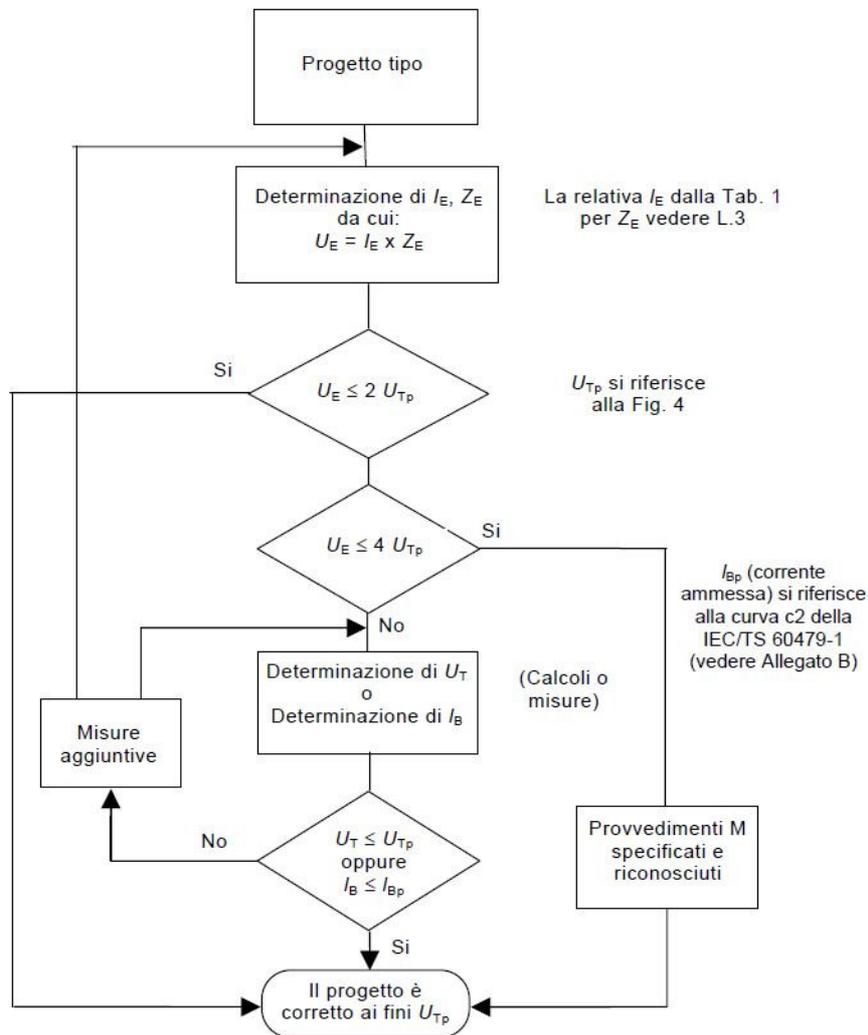


Figura 5. Progetto di un impianto di terra (CEI EN 50522, fig. 5)

L'impianto di terra di cabina MT/bt, coincidente con quello di ciascuna stazione, è costituito da un dispersore orizzontale ad anello, in corda di rame diametro 11 mm (95 mm²), e da picchetti dispersori componibili in acciaio ramato, diametro 30 mm e lunghezza 3 m.

Il dispersore orizzontale ad anello è previsto a quota campagna, interrato ad una profondità di 80 cm circa in corrispondenza del perimetro di ciascun fabbricato.

I picchetti dispersori, installati ai vertici del dispersore ad anello, saranno infissi a percussione e saranno dotati di collare per l'attacco del conduttore.

Al collettore di terra sono collegate tutte le strutture metalliche classificabili come masse e masse estranee.

I conduttori di protezione (PE) dei circuiti terminali sono distribuiti a partire dal collettore di terra.

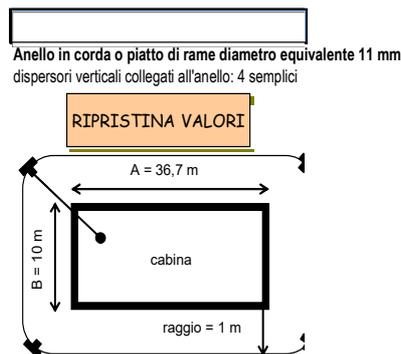
Inoltre, saranno realizzati i collegamenti equipotenziali principali con le masse estranee (es. tubazioni idriche, gas, ecc.) eventualmente interferenti con la struttura.

Di seguito si riporta un calcolo di dimensionamento preliminare della resistenza di terra ottenuta, con riferimento alla cabina MT/bt di una generica stazione.

PROGETTO DEL DISPERSORE INTENZIONALE DI CABINA MT/BT

Anello di terra		2,44 Ohm	
r	1,00 m	raggio = 1 m	
A	36,70 m	A = 36,7 m	
B	10,00 m	B = 10 m	
d	11,00 mm	diametro corda Cu = 11 mm	
b	0,80 m	profondità anello = 0,8 m	
ρ_E	100,00 Ohm.m	sistività terreno = 100 Ohm.metro	
p	50,00 m	semiperimetro = 50 m	

0,409871726



Baffi aggiuntivi		- Ohm		
n.	L (m)	d	Rn	1/Rn
1		-	-	-
2		-	-	-
3		-	-	-
4		-	-	-

Dispersioni verticali		7,27 Ohm		
n.	elem.	d (mm)	Rn	1/Rn
1	1	25,00	29,08	0,03
2	1	25,00	29,08	0,03
3	1	25,00	29,08	0,03
4	1	25,00	29,08	0,03
5		-	-	-
6		-	-	-
7		-	-	-
8		-	-	-
9		-	-	-

0,13757196

dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3



Figura 6. Dimensionamento preliminare dispersore intenzionale cabina MT/bt