

# PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13

TRANVIA DI FIRENZE

LINEA 4.2

LE PIAGGE - CAMPI BISENZIO

## PARTE GENERALE INGEGNERIA DI SISTEMA ELABORATI GENERALI

Relazione campi elettromagnetici

STAZIONE APPALTANTE – COMUNE DI FIRENZE

DIRETTORE DEL SETTORE  
Ing. Michele Priore

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Filippo Martinelli

DEC  
Ing. Andrea Adinolfi

### APPALTATORE

MANDATARIA



MANDANTI

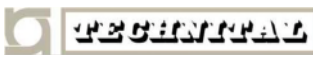
ALSTOM

HITACHI  
Inspire the Next

com.net  
a nextaitaly company

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA



MANDANTI

SDAprogetti  
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI

STUDIO MATTIOLI  
Architetti - Ingegneri - Designer

iride

ETS  
Engineering and Technical Services  
S.p.A.

ARCHLANDSTUDIO  
architects - interior design

steer



Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche

TECNITAL Ing. Filippo Busola

Progettista

Ing. Filippo Busola

Commessa				Fase	Origine	Ambito		Disciplina		Attività		Parte d'opera			Tipologia		Progressivo		Rev.	Scala
F	L	4	2	D	X	G	G	I	S	O	O	I	G	S	R	T	O	5	B	-
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE				SOCIETÀ		REDATTO		VISTO		APPROVATO								
REV A	09/2024	EMISSIONE A SEGUITO PROCEDURA PAU				Technital		M. Palvarini		I. Sorio		F. Busola								
REV B	12/2024	REVISIONE A SEGUITO CdS				Technital		M. Palvarini		I. Sorio		F. Busola								

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA**  
**ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

---

Dicembre 2024

## INDICE

<b>1</b>	<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI IN BASSA FREQUENZA.....</b>	<b>9</b>
1.3.1	<i>Caratteristiche della trazione elettrica .....</i>	<i>9</i>
1.3.2	<i>Caratteristiche della alimentazione elettrica.....</i>	<i>10</i>
1.3.3	<i>Metodologia di valutazione delle DPA.....</i>	<i>15</i>
1.3.4	<i>Sistema di trasporto (CC).....</i>	<i>16</i>
1.3.5	<i>Linea di contatto (CC) .....</i>	<i>17</i>
1.3.6	<i>Feeder (CC) .....</i>	<i>18</i>
1.3.7	<i>Sbarre (CC).....</i>	<i>19</i>
1.3.8	<i>Sottostazioni elettrica (CA).....</i>	<i>19</i>
1.3.9	<i>Caratteristica di alimentazione dei servizi ausiliari (CA).....</i>	<i>40</i>
1.3.10	<i>Cavi media tensione interrati (CA).....</i>	<i>44</i>
1.3.11	<i>Cavi bassa tensione interrati e Quadri di fermata (CA) .....</i>	<i>46</i>
1.3.12	<i>Attività di cantiere .....</i>	<i>50</i>
1.3.13	<i>Interferenze con elettrodotti in AT .....</i>	<i>51</i>
<b>1.4</b>	<b>ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI IN ALTA FREQUENZA .....</b>	<b>76</b>
1.4.1	<i>Metodologia di valutazione.....</i>	<i>80</i>
1.4.2	<i>Stima del campo elettromagnetico generato dalla S.R.B. mediante volumi di rispetto.....</i>	<i>81</i>
<b>1.5</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>90</b>

## 1 CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 1.1 INTRODUZIONE

Al fine di valutare l'impatto da campi magnetici generato dall'esercizio del sistema di trasporto tramviario, sono state effettuate delle valutazioni al fine di prevedere il campo generato dalla rete di alimentazione sia in corrente continua che in corrente alternata in BT e MT.

Le situazioni analizzate considerano le seguenti postazioni di valutazione:

- passeggero in vettura ed in prossimità della vettura;
- pedone ed aree in prossimità delle opere a servizio del trasporto tramviario (vettura, cavidotti MT, cavidotti BT, sottostazione elettrica e quadri elettrici di fermata).

Inoltre, si è provveduto alla valutazione dei campi elettromagnetici in alta frequenza procedendo all'analisi delle SRB previste in progetto.

### 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

**LEGGE QUADRO 22/02/2001, N. 36 "LEGGE QUADRO SULLA PROTEZIONE DALLE ESPOSIZIONI A CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI", G.U. 7 MARZO 2001, N. 55**

La legge nazionale quadro sull'elettromagnetismo ha l'innegabile pregio di tentare di porre ordine nella variegata situazione italiana, attraverso le definizioni delle competenze di stato, regioni, province e comuni. Il carattere innovativo della nuova legge sta nel fatto che, accanto al concetto di limite di esposizione inteso come valore che non deve mai essere superato in alcuna condizione di esposizione, vengono introdotti quelli di valore di attenzione e di obiettivo di qualità. Ad essi è attribuito il seguente significato (dalle definizioni riportate nella legge):

- valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- obiettivi di qualità: sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali, i valori

F	L	4	2	D	X	G	G	I	S	O	O	I	G	S	R	T	O	5	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La legge, tuttavia, non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti.

La legge stabilisce inoltre che, entro dieci anni dalla sua entrata in vigore, la rete elettrica esistente dovrà essere risanata, secondo criteri che verranno anch'essi definiti attraverso un apposito decreto, allo scopo di rispettare i limiti di esposizione e i valori di attenzione, nonché di raggiungere gli obiettivi di qualità stabiliti (...).

Più in dettaglio questa normativa ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

- promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, comma 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

In particolare, l'art. 4, Comma 2 afferma che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere a), e) e h), sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge:

1. per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentiti il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata «Conferenza unificata»;
2. per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.

**DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 LUGLIO 2003 "FISSAZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE, DEI VALORI DI ATTENZIONE E DEGLI OBIETTIVI DI QUALITÀ PER LA PROTEZIONE DELLA POPOLAZIONE DALLE ESPOSIZIONI AI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI ALLA FREQUENZA DI RETE (50 Hz) GENERATI DAGLI ELETTRODOTTI"**

Nel presente decreto sono fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

	Intensità campo elettrico E (kV/m)	Intensità induzione magnetica B (μT)
Limiti esposizione	5	100
Limiti attenzione	5	10

**Tabella 1 - Limiti campi bassa frequenza**

Nel caso di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere, gli elettrodotti di nuova costruzione l'induzione magnetica deve rispettare il valore di qualità di 3 μT.

**DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, N. 81, TITOLO VIII, CAPO IV "PRESCRIZIONI MINIME DI SICUREZZA E DI SALUTE RELATIVE ALL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI RISCHI DERIVANTI DAGLI AGENTI FISICI (CAMPI ELETTROMAGNETICI) CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE RADIAZIONI DA 0 Hz A 300 GHz"**

Il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico) al Capo IV del Titolo VIII stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici.

In base alla nuova normativa ogni datore di lavoro deve provvedere alla valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici presenti nella propria azienda. Il D.Lgs. 81/2008 stabilisce prescrizioni

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).

Il Capo IV del titolo VIII riguarda i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia.

La direttiva non riguarda gli effetti a lungo termine. Il limite di azione per l'induzione magnetica alla frequenza di 50 Hz nel caso di esposizione per motivi professionali è pari a 500  $\mu$ T mentre il limite di azione per il campo elettrico è pari a 10 kV.

Nel titolo VIII, capo IV si riportano le definizioni di valori limite di esposizione e di azione.

1. valori limite di esposizione

limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

2. valori di azione

l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente titolo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

Nelle tabelle successive si riportano i valori limite di esposizione e di attenzione definiti sopra:

Intervallo di Frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (corpo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 Mhz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz - 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

Tabella 2 – Limiti di esposizione

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B( $\mu$ T)	Densità di potenza di onda piana Seq (W/m <sup>2</sup> )	Corrente di contatto (W/m <sup>2</sup> ) le (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti IL (mA)
0 - 1 Hz	/	1,63 x 10 <sup>5</sup>	2 x 10 <sup>5</sup>	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	1,63 x 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	2 x 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	2 x 10 <sup>4</sup> /f	2,5 x 10 <sup>4</sup> /f	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B(μT)	Densità di potenza di onda piana Seq (W/m <sup>2</sup> )	Corrente di contatto (W/m <sup>2</sup> ) le (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti IL (mA)
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4/f	/
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	0,4/f	/
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 - 2000 MHz	3f1/2	0,008f1/2	0,01f1/2	f/40	/	/
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

**Tabella 3 – Limiti di azione**

**DM 29 MAGGIO 2008, APPROVAZIONE DELLE METODICHE DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO PER GLI ELETTRODOTTI**

Il DM 29 maggio 2008 indica la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti prevedendo due livelli di approfondimento:

- il procedimento semplificato (par. 5.1.3), basato sulla Distanza di prima approssimazione (DPA), calcolata dal gestore e inerente alla gestione territoriale e la pianificazione urbanistica;
- Il calcolo preciso della fascia di rispetto (par. 5.1.2), effettuato dal gestore e necessario per gestire i singoli casi specifici in cui viene rilasciata l'autorizzazione a costruire vicino all'elettrodotto.

La DPA e la fascia di rispetto sono così definite:

- Distanza di prima approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- Fascia di rispetto: spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μT).

Il decreto prevede una procedura semplificata con il calcolo della proiezione al suolo della fascia di rispetto calcolata combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco per la gestione territoriale e per il calcolo delle fasce.

Il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni della linea, al fine di consentire una corretta valutazione dell'induzione magnetica è richiesto in singoli casi specifici, in cui si richieda di costruire ad una distanza dalla linea elettrica inferiore alla DPA.

Il D.M. 29/05/2008 indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

PARTE GENERALE

INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI

Relazione campi elettromagnetici

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 KV)
- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza...)
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 KV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 KV)
- linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

In questi casi le fasce hanno, infatti, ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91.

**DECRETO MINISTERIALE N. 381 DEL 10/09/1998 REGOLAMENTO RECANTE NORME PER LA DETERMINAZIONE DEI TETTI DI RADIOFREQUENZA COMPATIBILI CON LA SALUTE UMANA (GAZZETTA UFFICIALE N. 257 DEL 3/11/1998)**

Le disposizioni del presente decreto fissano i valori limite di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento ed all'esercizio dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza compresa fra 100 kHz e 300 GHz.

I limiti di esposizione di cui al presente decreto, non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

**RACCOMANDAZIONE N.519 DEL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA DEL 12 LUGLIO 1999. G.U.C.E. DEL 30.7.1999, N.199**

Il Consiglio dell'Unione Europea attraverso la presente raccomandazione ha fatto propri gli stessi limiti proposti dall'ICNIRP. I limiti di base e i livelli di riferimento per limitare l'esposizione sono stati elaborati sulla scorta di un approfondito esame di tutta la letteratura scientifica pubblicata. I criteri applicati nel corso dell'esame sono stati volti a valutare la credibilità dei vari risultati divulgati; per proporre le limitazioni dell'esposizione ci si è basati soltanto su effetti accertati. Nelle tabelle successive si riportano i limiti di base e di riferimento. I livelli di riferimento relativi all'esposizione sono indicati al fine di poterli confrontare con i valori di grandezze misurate. Il rispetto di tutti i livelli di riferimento raccomandati garantisce il rispetto dei limiti di base. Se il valore delle grandezze misurate supera i livelli di riferimento, non ne consegue necessariamente che i limiti di base siano superati. In tal caso, sarà necessario effettuare una valutazione per decidere se i livelli di esposizione siano inferiori a quelli fissati per i limiti di base. I livelli di riferimento volti a limitare l'esposizione sono stati ottenuti dai limiti di base nella situazione di massimo accoppiamento fra campo e individuo esposto e perciò forniscono la massima protezione. Nelle tabelle seguenti sono riportati rispettivamente i livelli base e di riferimento. Questi, di norma, vanno considerati come valori mediati nel volume del corpo dell'individuo esposto ma con la condizione tassativa che i limiti di base per esposizione localizzati non siano superati. In talune situazioni in cui l'esposizione è altamente localizzata, come l'esposizione del capo nel caso dei radiotelefoni portatili, l'impiego dei livelli di riferimento non risulta adeguato. In tali casi l'osservanza dei limiti di base relativi ad esposizioni localizzate dovrà essere valutata direttamente.

Intervallo di Frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/Kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/Kg)	SAR localizzato (arti) (W/Kg)	Densità di potenza S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40	-	-	-	-	-
> 0-1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1000 Hz - 100 kHz	-	f/500	-	-	-	-



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Intervallo di Frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/Kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/Kg)	SAR localizzato (arti) (W/Kg)	Densità di potenza S (W/m <sup>2</sup> )
100 kHz - 10 MHz	-	f/500	0.08	2	4	-
10 MHz - 10 GHz	-	-	0.08	2	4	-
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

**Tabella 4 – Limiti di base per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**

Intervallo di Frequenza	Intensità di campo E (V/m)	H-field strength (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> )
0 - 1 Hz	-	3.2x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>4</sup>	-
1 - 8 Hz	10	3.2x10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4x10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	-
8 - 25 Hz	10	4,000/f	5,000/f	-
0.025 - 0.8 KHz	250/f	4/f	5/f	-
0.8 - 3 kHz	250/f	5	6.25	-
13 - 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1 - 10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0.73/f	0.92/f	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	-
400 - 2000 MHz	1.375 f <sup>1/2</sup>	0.037 f <sup>1/2</sup>	0.0046 f <sup>1/2</sup>	f/200
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

**Tabella 5 – Limiti di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**

**DECRETO LEGISLATIVO 01 AGOSTO 2003, N. 259 “CODICE DELLE COMUNICAZIONI ELETTRONICHE”, G.U. 15 SETTEMBRE 2003, N. 214 E S.M.I.**

Il Codice garantisce i diritti inderogabili di libertà delle persone nell’uso dei mezzi di comunicazione elettronica, nonché il diritto di iniziativa economica ed il suo esercizio in regime di concorrenza, nel settore delle comunicazioni elettroniche. La fornitura di reti e servizi di comunicazione elettronica, che è di preminente interesse generale, è libera e ad essa si applicano le disposizioni del Codice.

Sono fatte salve le limitazioni derivanti da esigenze della difesa e della sicurezza dello Stato, della protezione civile, della salute pubblica e della tutela dell’ambiente e della riservatezza e protezione dei dati personali, poste da specifiche disposizioni di legge o da disposizioni regolamentari di attuazione.

**DECRETO LEGISLATIVO 13 NOVEMBRE 2008 “APPROVAZIONE DEL PIANO NAZIONALE DI RIPARTIZIONE DELLE FREQUENZE”, G.U. 21 NOVEMBRE 2008, N. 273**

Lo scopo del presente piano è di stabilire, in ambito nazionale e per il tempo di pace, l’attribuzione ai diversi servizi delle bande di frequenze oggetto del piano, di indicare per ciascun servizio nell’ambito delle singole bande l’autorità governativa preposta alla gestione delle frequenze, nonché le principali utilizzazioni civili.

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Nel caso di nuove primarie esigenze civili o militari che non possano essere soddisfatte con le attribuzioni di frequenze previste nel presente piano, o in occasione di eventi eccezionali, specifiche assegnazioni di frequenze in deroga al piano stesso possono essere effettuate tramite particolari accordi tra Ministero dello sviluppo economico-Comunicazioni e Ministero della difesa.

**DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 LUGLIO 2003 “FISSAZIONE DEI LIMITI DI ESPOSIZIONE, DEI VALORI DI ATTENZIONE E DEGLI OBIETTIVI DI QUALITÀ PER LA PROTEZIONE DELLA POPOLAZIONE DALLE ESPOSIZIONI A CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI GENERATI A FREQUENZE COMPRESSE TRA 100 KHz E 300 GHz”.**

Le disposizioni del presente decreto fissano i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Il presente decreto fissa, inoltre, gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali oppure per esposizioni a scopo diagnostico o terapeutico.

I limiti e le modalità di applicazione del presente decreto non sono applicabili per gli impianti radar e per gli impianti che per la loro tipologia di funzionamento determinano esposizioni pulsate. Nelle tabelle successive si riportano i limiti fissati dal decreto in oggetto.

Intervallo di Frequenza	Intensità campo elettrico E (V/m)	Intensità campo magnetico H (A/m)
$0,1 < f < 3 \text{ MHz}$	60	0,2
$3 < f < 3000 \text{ MHz}$	20	0,05
$3 < f < 300 \text{ GHz}$	40	0,01

**Tabella 6 - Limiti di esposizione**

Intervallo di Frequenza	Intensità campo elettrico E (V/m)	Intensità campo magnetico H (A/m)
$0,1 \text{ MHz} < f < 300 \text{ GHz}$	6	0,016

**Tabella 7 - Valori di attenzione all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere**

Intervallo di Frequenza	Intensità campo elettrico E (V/m)	Intensità campo magnetico H (A/m)
$0,1 \text{ MHz} < f < 300 \text{ GHz}$	6	0,016

**Tabella 8 – Obiettivi di qualità**

Si menzionano, inoltre, le seguenti leggi di riferimento:

**LEGGE 17 DICEMBRE 2012, N. 221 CONVERSIONE IN LEGGE, CON MODIFICAZIONI, DEL DECRETO-LEGGE 18 OTTOBRE 2012, N. 179, RECANTE ULTERIORI MISURE URGENTI PER LA CRESCITA DEL PAESE. (12G0244) (GU SERIE GENERALE N.294 DEL 18-12-2012 - SUPPL. ORDINARIO N. 208)**

**LEGGE 30 DICEMBRE 2023, N. 214 LEGGE ANNUALE PER IL MERCATO E LA CONCORRENZA 2022**

L'Art. 10 prevede l'adeguamento dei limiti di esposizione a 15 V/m, entro 120 giorni dall'entrata in vigore del presente decreto, che in Italia erano fermi a 6 V/m, garantendo il miglioramento della connettività mobile e della qualità dei servizi, senza pregiudizio per la salute pubblica.

**DECRETO 2 DICEMBRE 2014 LINEE GUIDA, RELATIVE ALLA DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ CON CUI GLI OPERATORI FORNISCONO ALL'ISPRA E ALLE ARPA/APPA I DATI DI POTENZA DEGLI IMPIANTI E ALLA DEFINIZIONE DEI FATTORI DI**

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
*Relazione campi elettromagnetici*

**RIDUZIONE DELLA POTENZA DA APPLICARE NELLE STIME PREVISIONALI PER TENER CONTO DELLA VARIABILITÀ TEMPORALE DELL’EMISSIONE DEGLI IMPIANTI NELL’ARCO DELLE 24 ORE. (14A09740) (GU SERIE GENERALE N.296 DEL 22-12-2014)**

**DECRETO 5 OTTOBRE 2016 APPROVAZIONE DELLE LINEE GUIDA SUI VALORI DI ASSORBIMENTO DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO DA PARTE DELLE STRUTTURE DEGLI EDIFICI. (GU SERIE GENERALE N.252 DEL 27-10-2016)**

**DECRETO 7 DICEMBRE 2016 APPROVAZIONE DELLE LINEE GUIDA, PREDISPOSTE DALL’ISPRA E DALLE ARPA/APPA, RELATIVAMENTE ALLA DEFINIZIONE DELLE PERTINENZE ESTERNE CON DIMENSIONI ABITABILI. (17A00399) (GU SERIE GENERALE N.19 DEL 24-01-2017)**

**LEGGE REGIONALE 24 FEBBRAIO 2005, N.39 “DISPOSIZIONI IN MATERIA DI ENERGIA”** Nell’ambito dei principi derivanti dall’ordinamento comunitario, dagli obblighi internazionali e in applicazione dell’articolo 117, terzo e quarto comma della Costituzione e della legge 23 agosto 2004, n. 239 (Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia), la presente legge disciplina le attività in materia di energia e, in particolare, la produzione, il trasporto e la trasmissione, lo stoccaggio, la distribuzione, la fornitura e l’uso dell’energia

### 1.3 ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI IN BASSA FREQUENZA

#### 1.3.1 Caratteristiche della trazione elettrica

Per la Linea di Contatto della Linea 4.2<sup>1</sup>, sono state adottate soluzioni tecniche analoghe a quanto già progettato e realizzato per le Linee 1, 2 e 3 del Sistema Tramviario Fiorentino, secondo il criterio della continuità tecnologica.

È stata prevista una linea di contatto composta da un solo filo sagomato, della sezione di 120 mm<sup>2</sup>, progettata nel rispetto della norma CEI 9.2 (CEI EN 50119), e supportata, per il trasporto dell'energia occorrente, da cavi (feeder) posati nella polifora della sede tranviaria della sezione complessiva di 1200 mm<sup>2</sup> (nr. 4 cavi da 300mm<sup>2</sup>).

Per il sostegno della linea di contatto sono state previste le seguenti tipologie di sospensioni:

- sospensione con mensola orizzontale distinta per binario e palo di sostegno posto al centro della sede tramviaria;
- sospensione con fune trasversale isolata ancorata a pali laterali;
- sospensione con funi trasversali isolate ancorate a pali laterali formanti reticoli complessi in casi particolari;
- sospensioni elastiche ancorate direttamente sotto ad infrastrutture di linea (ove presenti).

L'altezza della Linea di Contatto è prevista, sotto sospensione, di 5,60 m dal piano del ferro per permettere il transito in tutta sicurezza dei mezzi su gomma sia sulla sede tranviaria promiscua riservata sia in corrispondenza degli incroci stradali. L'altezza normale della linea di contatto sotto sospensione sarà di 5,60 m dal piano del ferro. L'altezza minima a centro campata sarà di 5,20 m dal piano del ferro.

Sarà sempre rispettata l'altezza minima, in corrispondenza di sottoattraversamenti (ove presenti) in 4,60 m, coerentemente con la dimensione del manufatto, lasciando una distanza di sicurezza conforme alle Norme CEI 9.2 e 9.6 EN 50122-1.

Il filo di contatto è regolato per tutto il tracciato mediante sistema di pulegge differenziali e contrappesi. Per ridurre l'impatto dei sostegni questi ultimi sono stati posizionati prevedendo campate di rettilineo fino a un massimo di 50 m.

La tensione nominale dei gruppi raddrizzatori sarà di 750 Vcc.

È stato previsto un feeder di alimentazione costituito da n. 4 cavi di sezione pari a 300 mm<sup>2</sup>, tipo RG16H1R12 1.8-3 kV, posati lungo linea in polifora interrata.

Il circuito di ritorno di linea è previsto del tipo con binario ad isolamento di terra ridotto, come previsto dalle norme CEI 9-20 e CEI-EN50122-2, per limitare il pericolo di corrosione delle correnti vaganti.

Per la sicurezza delle persone contro i pericoli di tensionamento in caso di cedimento degli isolamenti, è previsto un impianto di messa a terra conforme a quanto previsto dalle norme CEI EN 50122-1 (CEI 9-6) ed 11-1, composto da una corda di rame di 120 mm<sup>2</sup> per il collegamento di tutte le strutture metalliche collocate nella zona della linea aerea di contatto e del pantografo, da una presa di terra per ogni sostegno e da un collegamento, in ogni fermata del circuito di terra descritto, al circuito di ritorno con interposizione di apposito diodo.

I punti di alimentazione della linea di contatto sono previsti alle progressive seguenti:

- SSE CAMPANIA km 0+852;
- SSE DEPOSITO km 1+500;
- SSE CASTAGNO km 3+061;

<sup>1</sup> Fonte elaborato B382-4.2-SF-LAC-RT001-D, TRAZIONE ELETTRICA, Relazione tecnica e caratteristiche di altre linee della tramvia di Firenze impiegate per analogia tecnica.

- SSE PALAGETTA km 4+602.

Per la conversione dell'energia da 15 kVca a 750 Vcc è previsto un mono-gruppo in ciascuna sottostazione di linea, della potenza di 1500 kW con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1.

I cavi di alimentazione avranno le seguenti caratteristiche principali:

- feeder di 1200 mm<sup>2</sup> con formazione di nr 4 cavi 1x300 mm<sup>2</sup> tipo RG16H1R12 1,8/3 kV in rame armati. Nelle zone senza Linea di Contatto sono previsti nr 6 cavi 1x300 della stessa tipologia.
- cavi negativi della sezione complessiva di 1500 mm<sup>2</sup> tipo RG7OR 0,6/1 kV in rame senza armatura.

I cavi di alimentazione Feeder di 1200 mm<sup>2</sup> con formazione di nr 4 cavi 1x300 mm<sup>2</sup> saranno posati per tutta la lunghezza del tracciato in modo da collegare fra loro tutti i tratti della linea di contatto dove è presente la catenaria.

Le distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto e delle mensole verso massa, come parti metalliche o manufatti murari, saranno conformi a quanto previsto dalla Norma CEI EN 50119 che prevede, per un sistema a 750Vcc. Le seguenti distanze elettriche: distanza statica di 100 mm e distanza dinamica di 50 mm.

### 1.3.2 Caratteristiche della alimentazione elettrica

La Linea 4.2 – Estensione per Campi Bisenzio – prevede un sistema di alimentazione primaria dotato<sup>2</sup> di quattro Sotto-Stazioni Elettriche (SSE) di conversione dell'energia da 15 kVca e 750 Vcc, di cui n. 3 localizzate lungo la linea e dedicate alla alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata, e n. 1 localizzata all'interno del Deposito e dedicata anch'essa alla alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata, oltre che all'alimentazione della Linea di Contatto in Deposito.

Dalla SSE di Deposito sarà derivata l'alimentazione elettrica a 15 kV per la Cabina di Trasformazione MT/BT di Deposito.

Le SSE sia di linea che di deposito sono collocate all'interno di fabbricati costruiti fuori terra, localizzati in prossimità delle linee di contatto da alimentare.

#### Descrizione funzionale del sistema di alimentazione MT

Il sistema di alimentazione primaria in Media Tensione garantirà la distribuzione di energia elettrica occorrente per la trazione e per i servizi dell'intera linea.

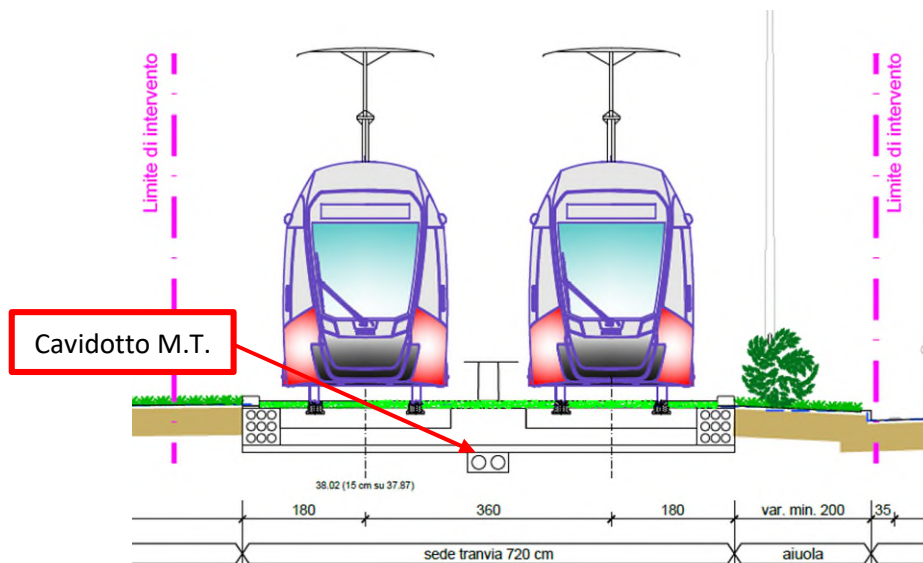
Lo schema di alimentazione in Media Tensione prevede n.1 punto di consegna dalla rete ENEL in media tensione a 15kV, 50 Hz nella SSE PALAGETTA, stante il fatto che il sistema di alimentazione primaria della Linea 4.2 sarà interconnesso con quello della linea 4.1 in cui sono già previsti n. 2 punti di consegna dalla rete Enel, di cui uno proprio in corrispondenza della SSE LE PIAGGE all'estremo della Linea da cui si diparte il prolungamento in oggetto.

Il tracciato per la fornitura di energia elettrica alla SSE è in fase di condivisione con l'Ente gestore del servizio e le modalità di posa dei cavi in MT seguiranno le specifiche e gli standard adottati dallo stesso Ente gestore in conformità alla normativa vigente.

Dal punto di fornitura indicato, l'energia sarà distribuita alle altre sottostazioni tramite la linea in media tensione in cavo ad anello aperto che, in analogia con le altre Linee del Sistema Tramviario Fiorentino, è stata prevista con cavo tripolare elicordato per Media Tensione, avente grado di isolamento 12/20 kV e sezione di 240 mm<sup>2</sup>, tipo RG16H1M16X - 12/20 KV. Tale cavo nella distribuzione lungo il tracciato tranviario sarà ubicato al di sotto della piattaforma tranviaria, in cavidotto dedicato, all'interno di un bauletto di protezione in calcestruzzo alla profondità di posa di 1 m dal piano di progetto.

<sup>2</sup> Fonte elaborato B382-4.2-SF-LAC-RT001-D, TRAZIONE ELETTRICA, Relazione tecnica e caratteristiche di altre linee della tramvia di Firenze impiegate per analogia tecnica.

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici



I cavi di alimentazione in media tensione saranno posati in un cavidotto di adatto diametro, con un percorso parallelo al tracciato tramviario lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro.

Le forniture di energia primaria dell'Ente Distributore saranno derivate da cabine primarie distinte, di modo che anche il "fuori servizio" di una cabina primaria non comporterà alcun disservizio della linea tranviaria: la normale continuità di esercizio sarà garantita infatti dal punto di distribuzione rimasto in servizio.

In normali condizioni di funzionamento, i punti di alimentazione della Linea forniranno l'energia occorrente all'intero sistema evitando comunque il parallelo attraverso opportuni interblocchi.

In analogia con le altre linee il sistema di alimentazione sarà costituito da:

- sistema media tensione costituito da: punti di prelievo dall'ente fornitore, cavi di distribuzione MT e relativi accessori, quadri ed apparecchiature MT;
- sistema di distribuzione BT delle utenze di fermata e deposito;
- sistema di trazione costituito da sottostazioni elettriche e linea di contatto con relativi sezionamenti ed organi di manovra;
- sistema di terra e correnti vaganti in cui vengono attuati i provvedimenti al fine della sicurezza elettrica per le persone e per la mitigazione degli effetti delle correnti vaganti generate dal sistema di trazione.

Ciascuno dei quadri MT previsti in sottostazione sarà composto di un sistema di sbarre da cui sono derivate le alimentazioni per i trasformatori di gruppo, il trasformatore dei servizi ausiliari e le linee di alimentazione che garantiscono la distribuzione della MT.

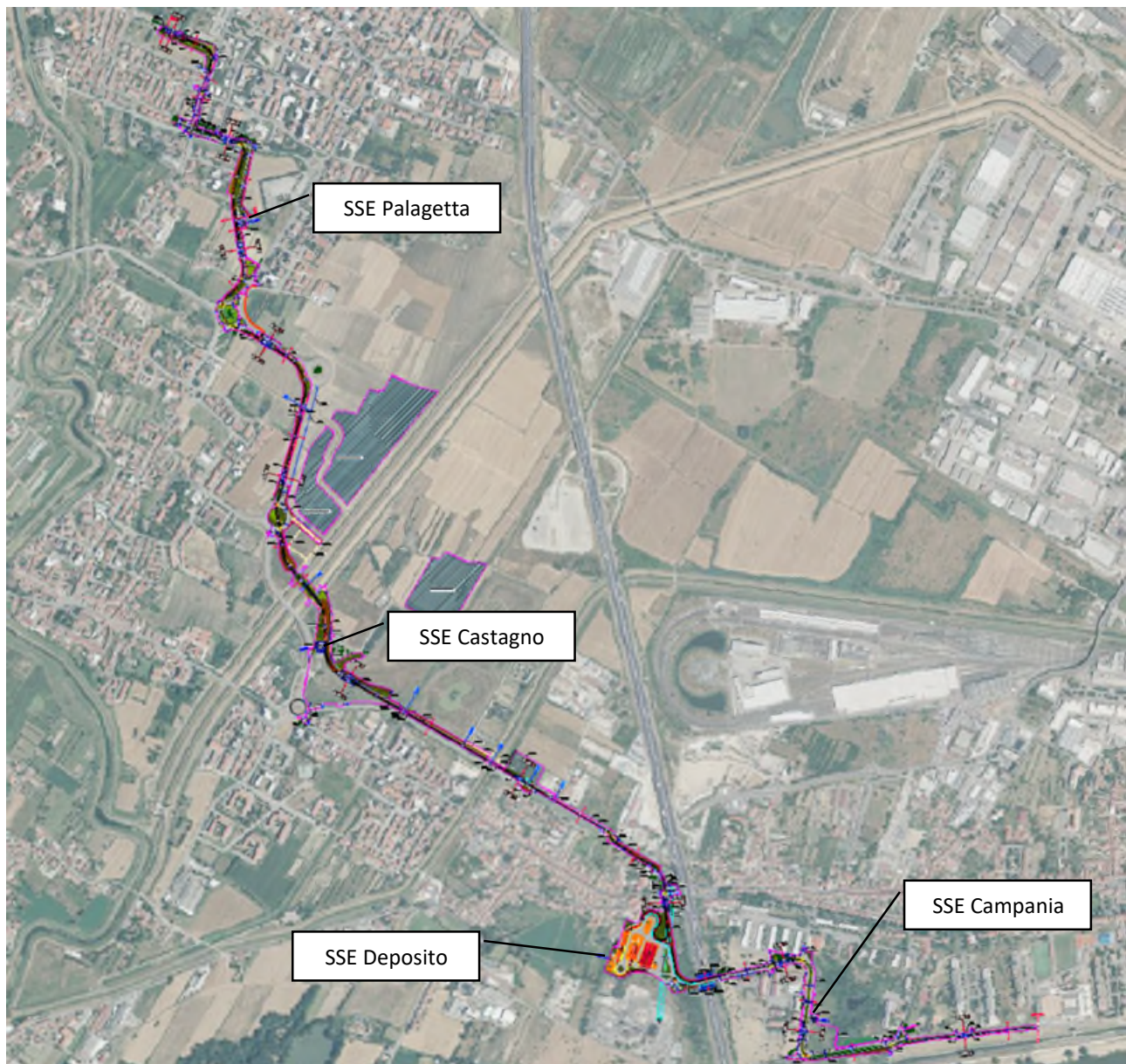
#### Descrizione tecnica sottostazioni elettriche

Le sottostazioni elettriche di alimentazione della linea di contatto dovranno fornire l'energia necessaria per i rotabili alla tensione di 750 Vcc.

In analogia con le altre Linee del Sistema Tramviario Fiorentino, per la Linea 4.2 sono state previste le seguenti quattro SSE di seguito indicate: SSE CAMPANIA (al km 0+852); SSE DEPOSITO (al km 1+500); SSE CASTAGNO (al km 3+061) e SSE PALAGETTA (al km 4+602).

Di seguito la planimetria con l'ubicazione delle SSE nella linea 4.2.





**Figura 1 – Ubicazione delle SSE di progetto**

In ciascuna SSE è prevista una potenza installata di 1,5 MW, in grado di garantire il servizio regolare nel periodo di punta con il cadenzamento massimo dei convogli ed il “fuori servizio”, per manutenzione o guasto, di una S.S.E. ogni tre S.S.E. di alimentazione previste per la Linea.

Per la conversione dell’energia da 15 kVca a 750 Vcc è previsto un mono-gruppo in ciascuna sottostazione di linea, della potenza di 1500 kW con sovraccaricabilità in classe VI, norma CEI EN 60146.1.1.

Nella sottostazione di Deposito sono previsti n. 2 mono-gruppi con le stesse caratteristiche, di cui uno dedicato all’alimentazione della linea e l’altro del deposito.

Si indica di seguito la composizione delle SSE previste:

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
*Relazione campi elettromagnetici*

SSE CAMPANIA

- quadro blindato MT, costituito da uno scomparto misure, un'unità di interconnessione MT con la SSE LE PIAGGE, un'unità di interconnessione MT con la SSE DEPOSITO un'unità di protezione per il trasformatore di potenza ed un'unità di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- quadro generale di distribuzione in bassa tensione;
- UPS 60KVA con doppia centralina ed autonomia di funzionamento di 2h del tipo a cassette;
- caricabatterie 110V cc e convertitore 24V cc;
- n. 1 trasformatore di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;
- n. 1 gruppo di conversione monoblocco da 1500 KW;
- quadro blindato c.c., con n. 2 interruttori extrarapidi;
- armadio di sezionatori di 1° e 2° fila.

SSE DEPOSITO

- quadro blindato MT, costituito da uno scomparto misure, un'unità di interconnessione MT con la SSE CAMPANIA e un'unità di interconnessione con la SSE CASTAGNO, un'unità di protezione della linea MT di alimentazione della cabina di trasformazione MT/BT del Deposito Officina, un'unità di protezione per ciascun trasformatore di potenza ed un'unità di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- quadro generale di distribuzione in bassa tensione;
- UPS 60KVA con doppia centralina ed autonomia di funzionamento di 2h del tipo a cassette;
- caricabatterie 110V cc e convertitore 24V cc;
- n. 2 trasformatori di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;
- n. 2 gruppi di conversione monoblocco da 1500 KW;
- quadro blindato c.c., con n. 2 interruttori extrarapidi;
- armadio di sezionatori di 1° e 2° fila.

SSE CASTAGNO

- quadro blindato MT, costituito da uno scomparto misure, un'unità di interconnessione MT con la SSE DEPOSITO, un'unità di interconnessione MT con la SSE PALAGETTA un'unità di protezione per il trasformatore di potenza ed un'unità di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- quadro generale di distribuzione in bassa tensione;
- UPS 60KVA con doppia centralina ed autonomia di funzionamento di 2h del tipo a cassette;
- caricabatterie 110V cc e convertitore 24V cc;
- n. 1 trasformatore di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;
- n. 1 gruppo di conversione monoblocco da 1500 KW;
- quadro blindato c.c., con n. 2 interruttori extrarapidi;



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

- armadio di sezionatori di 1° e 2° fila.

SSE PALAGETTA

- quadro blindato MT, costituito da un'unità di protezione ARRIVO ENTE FORNITORE da uno scomparto misure, un'unità di interconnessione MT con la SSE DEPOSITO, un'unità di protezione della linea MT di alimentazione della cabina di trasformazione MT/BT del Deposito Officina, un'unità di protezione per ciascun trasformatore di potenza ed un'unità di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- quadro generale di distribuzione in bassa tensione;
- UPS 60KVA con doppia centralina ed autonomia di funzionamento di 2h del tipo a cassette;
- caricabatterie 110V cc e convertitore 24V cc;
- n. 1 trasformatore di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;
- n. 2 gruppi di conversione monoblocco da 1500 KW;
- quadro blindato c.c., con n. 2 interruttori extrarapidi;
- armadio di sezionatori di 1° e 2° fila.

Le S.S.E. sono previste normalmente impresenziate, comandate e controllate dal Posto Centrale di Controllo o attraverso i posti di controllo computerizzati in S.S.E.

Di seguito la planimetria del tipologico delle SSE.

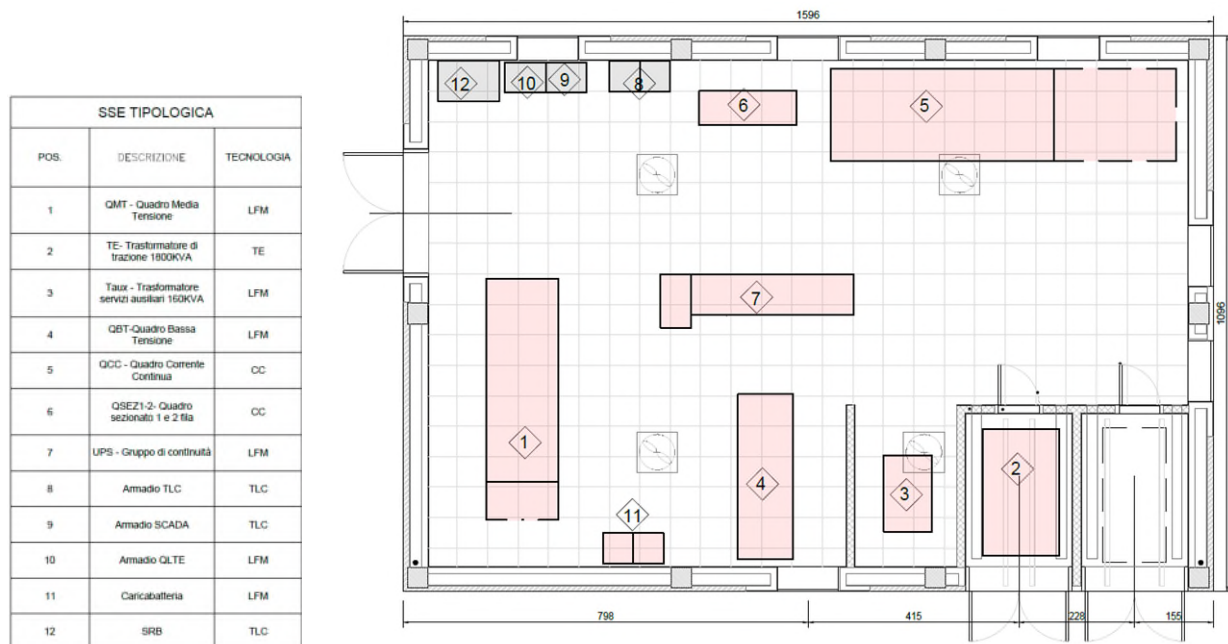


Figura 2 – Planimetria SSE / tipologico (elab. B382-4.2-SF-LAC-PI-001-D)

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici



Figura 3 – Planimetria SSE con locale consegna / tipologico (elab. B382-4.2-SF-LAC-PI-002-D)

### Distribuzione bassa tensione

Con riferimento allo schema di principio della distribuzione di bassa tensione e in analogia alle altre linee tramviaria, le sottostazioni sono inserite in una configurazione MT in grado di garantire un'alta affidabilità e continuità. In ogni sottostazione tutte le utenze di bassa tensione sono alimentate da un trasformatore MT/BT.

La sezione di distribuzione BT è costituita da un quadro di distribuzione generale al quale sono collegati gli impianti BT, sia per la stessa sottostazione, sia quelli relativi alle utenze di linea (QEF Quadri elettrici di fermata).

Gli impianti elettrici luce e F.M. di linea a servizio delle fermate saranno alimentati dalle singole sottostazioni elettriche, localizzate lungo la linea tranviaria, da rete in bassa tensione 380/220 V - 50 Hz.

Le linee elettriche saranno in uscita dal QGBT della S.S.E. saranno posate all'interno di polifore interrato, raggiungendo le fermate e attestandosi ad un quadro elettrico di fermata dotato di comandi e protezioni per l'alimentazione dei circuiti e delle utenze della fermata stessa (obliteratrici, distributori biglietti, sistemi di telecomunicazione, impianti d'allarme, apparati IS, sezionatori di linea, predisposizione dell'alimentazione per il riscaldamento scambi, illuminazione esterna generale e d'emergenza).

### 1.3.3 Metodologia di valutazione delle DPA

Sulla base della descrizione del progetto di alimentazione elettrica e delle informazioni relative agli elementi presenti di nuova installazione verrà calcolata la distanza di prima approssimazione (DPA).

La valutazione sarà relativa:

- alla linea di contatto e alle sbarre in corrente continua;
- alla linea di alimentazione in media e bassa tensione dalle SSE ai QEF.

La valutazione della DPA sarà eseguita applicando le formule empirica semplificata dalla Guida CEI 106-12 per gli elettrodotti.

In generale sarà valutata la seguente:

$$B = 0.2 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linea bifilare;}$$

$$B = 0.346 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase in piano;}$$

$$B = 0.245 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase a triangolo;}$$

dove:

- I = corrente di una sbarra (A);
- S = distanza fra le sbarre (m);
- D = distanza valutazione (m).

Per la valutazione della DPA delle SSE si farà riferimento a quanto indicato dal DM 29.05.08 “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”.

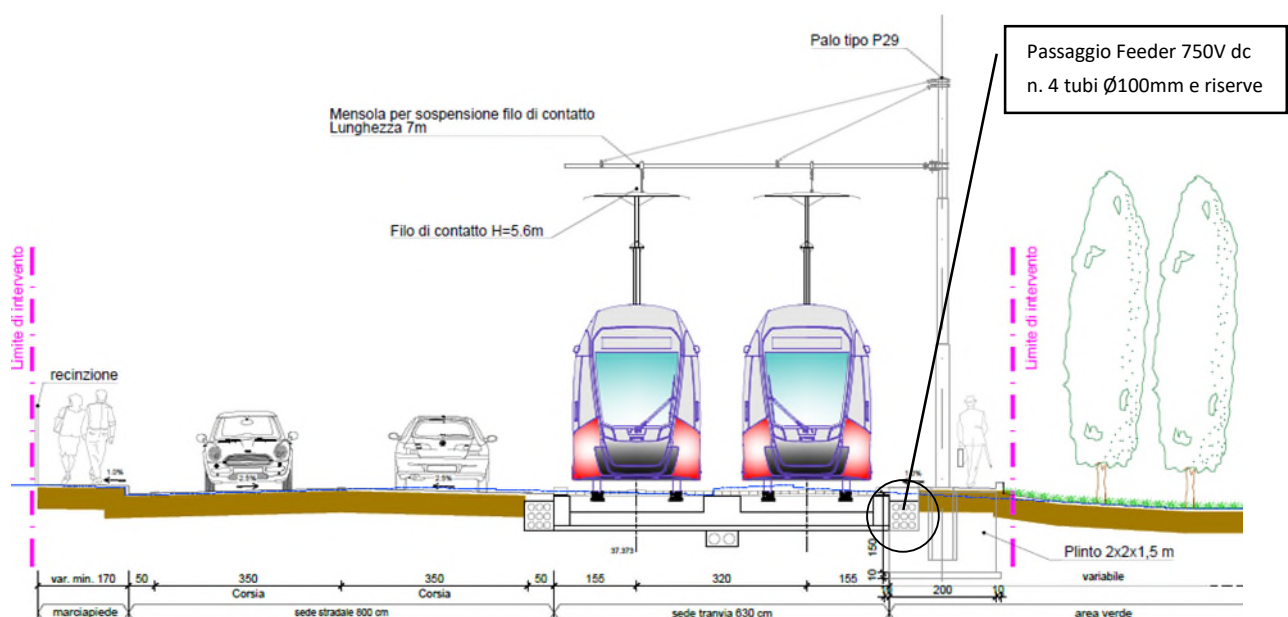
#### 1.3.4 Sistema di trasporto (CC)

Per la stima dei valori di induzione magnetica si sono costruiti scenari di esercizio, caratterizzati da valori sia medi che massimi di assorbimento continuativo di corrente elettrica.

Ai fini della valutazione, si evidenzia, quanto indicato nella Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea n. 1999/519/CE del 12/7/99, in merito ai campi a frequenza nulla, per cui il limite del campo magnetico è di 40 mT (40000  $\mu T$ ), mentre nulla viene indicato per il campo elettrico; per tale motivazione quest’ultimo non sarà preso in considerazione.

La linea di alimentazione, caratterizzata da una tensione di 750 Vdc (frequenza nulla), è stata modellizzata ipotizzando una sezione tipica come riportato nella figura seguente. Si ricorda che al fine di simulare il campo magnetico prodotto le informazioni utili riguardano la geometria dei conduttori, così da determinare l’interazione tra l’alimentazione positiva sospesa e la linea di ritorno sui binari. Si procederà alla valutazione del campo magnetico della linea di contatto e delle sbarre delle sottostazioni.

Le infrastrutture immerse nel campo afferenti alla linea e le stesse vetture della metropolitana non rappresentano in prima approssimazione un ostacolo per il campo magnetico e sono state pertanto trascurate.



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Il feeder di alimentazione (feeder 750 Vdc) sarà costituito da 4 cavi unipolari del tipo RG16H1R12 1.8-3 kV, 1x300mm<sup>2</sup>, costituente la sola linea feeder su tutta la linea 4.2, posati lungo linea in polifora interrata. I cavi prevedono una configurazione in piano, ad una profondità di posa di circa 1 m. L'intensità di corrente massima, in riferimento alla potenza nominale degli apparati elettrici collegati, è di 300 A.

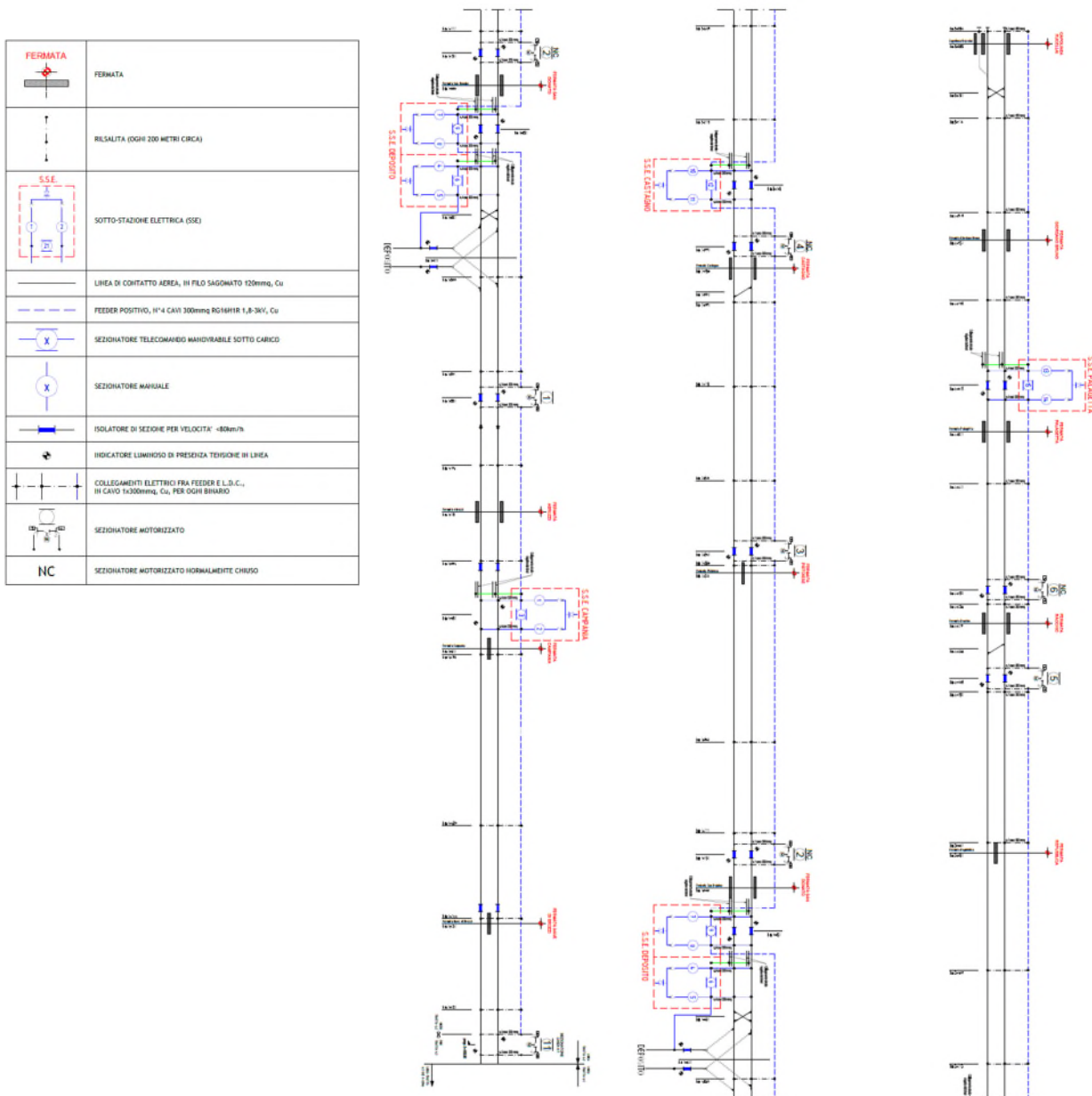


Figura 5 – Schema di trazione e dei sezionamenti (elab. FL42-D-E-IE-TE-03-EGG-LA-01-A)

### 1.3.5 Linea di contatto (CC)

Al fine della valutazione sulla linea di contatto si farà riferimento valore massimo consentito di 320 A. Si segnala altresì che, facendo riferimento a diverse configurazioni (diverso contributo di funzionamento delle SSE) sulla linea attigua (Linea 4.1), sono stati riscontrati valori dalle simulazioni di corrente inferiori.

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Impiegando, quindi cautelativamente, il valore massimo consentito di 320 A, applicando la formula empirica semplificata della Guida CEI per gli elettrodotti a linea bifilare e considerando la distanza fra le due linee di 3.50 m si ha:

Distanza [m]	B [ $\mu$ T]	Limite [ $\mu$ T]	Esito confronto
1	224 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
2	56 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
3	25 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
4	14 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite

**Tabella 9 – Valori B a distanze crescenti per la linea di contatto**

Dal confronto con i valori di campo magnetico stimato ed il limite per la corrente continua si riscontrano valori inferiori.

Passeggero in vettura

La valutazione del passeggero in vettura è eseguita supponendo che sia posizionato a circa 2.50 m di altezza da terra, ossia a 3.10 m dal bifilare considerando la distanza dal piano del ferro di 5.60 m (range da 5.20 m a 5.60m). Si osserva come il campo magnetico non raggiunge un valore significativo, pari a circa 23  $\mu$ T, e quindi molto inferiore al limite di 40 mT, non evidenziato criticità.

Pedone o passeggero in prossimità della vettura

La valutazione del passeggero in prossimità della vettura è eseguita supponendo che sia posizionato a circa 1.50 m di altezza da terra, ossia a 4.10 m dal bifilare considerandone la distanza dal piano del ferro di 5.60m. Si osserva come il campo magnetico non raggiunge un valore significativo, pari a circa 13 $\mu$ T, quindi molto inferiore al limite di 40 mT. Il valore è comparabile con il massimo campo che può essere generato, ad esempio, dai filobus, pari a circa 20  $\mu$ T. In accordo alla teoria relativa la propagazione dei campi magnetici, il valore decade con il quadrato della distanza dal conduttore che genera il campo, per cui alla distanza di 5 m dal bifilare assume valori prossimi a 9  $\mu$ T e a 10 m di circa 2  $\mu$ T.

**1.3.6 Feeder (CC)**

Il feeder di alimentazione (feeder 750 Vdc) sarà costituito da 4 cavi unipolari del tipo RG16H1R12 1.8-3 kV, 1x300mm<sup>2</sup>, costituente la sola linea feeder su tutta la linea 4.2, posati lungo linea in polifora interrata. I cavi prevedono una configurazione in piano, ad una profondità di posa di circa 1 m. L'intensità di corrente massima, in riferimento alla potenza nominale degli apparati elettrici collegati, è di 300 A. Quindi applicando la formula empirica semplificata della Guida CEI per gli elettrodotti a linea bifilare utilizzando la corrente corrispondente alla potenza nominale degli apparati elettrici pari a 300 A e considerando una distanza tra le linee di 0,1 m si ha:

Distanza [m]	B [ $\mu$ T]	Limite [ $\mu$ T]	Esito confronto
1	6	40000	entro il limite
2	2	40000	entro il limite
5	0,2	40000	entro il limite
10	0,1	40000	entro il limite

**Tabella 10 – Valori B a distanze crescenti per il Feeder di alimentazione**

Dalla valutazione precedente si stimano valori inferiori rispetto al limite per la corrente continua.

### 1.3.7 Sbarre (CC)

Al fine di una valutazione preliminare del campo magnetico sulle sbarre si prende a riferimento per analogia, considerando diverse condizioni di funzionamento (diverso contributo di funzionamento delle SSE), quanto si ottiene dalle simulazioni sulla linea attigua (Linea 4.1). In tali simulazioni, nella condizione più gravosa, si determina un valore di RMS di corrente alle sbarre DC pari a 869 A e il corrispettivo valore massimo di circa 2994 A.

Pertanto, utilizzando il valore di picco della corrente erogata dai gruppi di 2994 A ed applicando la formula empirica semplificata della Guida CEI per gli elettrodotti e considerando la distanza fra le due linee di 0.165m si ha:

Distanza [m]	B [ $\mu$ T]	Limite [ $\mu$ T]	Esito confronto
1	171 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
2	43 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
3	19 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite
4	11 $\mu$ T	40000 $\mu$ T	entro il limite

Tabella 11 – Valori B a distanze crescenti

Dalla valutazione precedente si stimano valori inferiori rispetto al limite per la corrente continua.

### 1.3.8 Sottostazioni elettrica (CA)

Al fine della determinazione effettiva ampiezza della DPA associata a ciascuna SSE sarà considerato il contributo complessivo dei principali apparati presenti all'interno della stessa.

Le caratteristiche elettriche principali delle S.S.E. sono:

- Tensione nominale di alimentazione 15 KV
- Tensione nominale raddrizzata 750 Vcc
- Potenza nominale erogata di ogni convertitore 1500 kW
- Potenza nominale del trasformatore servizi ausiliari 160 kVA
- Tensione di alimentazione servizi ausiliari 110-24Vcc 380-220 Vca

In generale, le SSE prevedono i collegamenti dai trafi (TRAFO DI GRUPPO e TRAFO SERVIZI AUSILIARI) ai diversi quadri (QMT, QCC, Q. SEZIONATORI, QBT) per alimentare le utenze (LINEA, BINARIO, QEF).

Le linee BT ed MT, in uscita dalle SSE, saranno interrate in cavidotto a profondità di 1 m.

Di seguito il dettaglio dei cavi per ogni SSE e dei trafi presenti.

#### SSE CAMPANIA

- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- n. 1 trasformatore di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CAMPANIA				
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione
QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE QMT				



**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CAMPANIA</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
QMT1	Allacciamento primario trasformatore di gruppo TR1	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT2	Allacciamento primario trasformatore ausiliario TRSA	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x35
PEM-MT	Sgancio generale rete MT/BT di SSE (da pulsante interno SSE)	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR1 per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TRSA per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO TR1</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
TR1A1	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA1 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
TR1A2	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA2 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
PT100-TR1	Segnali sonde di temperatura TR1 alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI SSE</b>				
-	Collegamento PE da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
-	Alimentazione batteria rifasamento fisso trasformatore TRSA	Multi.	FG16OR16	4G4
QGBT.1	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso principale	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.2	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso by-pass	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.3	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.4	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.L1	Alimentazione illuminazione ordinaria locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L1E	Alimentazione illuminazione emergenza locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L2	Alimentazione illuminazione ordinaria locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L2E	Alimentazione illuminazione emergenza locali trafo	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L3	Alimentazione illuminazione ordinaria locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L3E	Alimentazione illuminazione emergenza locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L4	Alimentazione illuminazione esterna perimetrale SSE (notturna)	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.F1	Alimentazione gruppi prese CEE locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	5G2,5
QGBT.F2	Alimentazione prese fm di servizio locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F3	Alimentazione prese fm di servizio locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F4	Alimentazione estrattore 1 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F5	Alimentazione estrattore 2 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F6	Alimentazione estrattore 3 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F7	Alimentazione estrattore 4 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB4.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x16
QB4.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

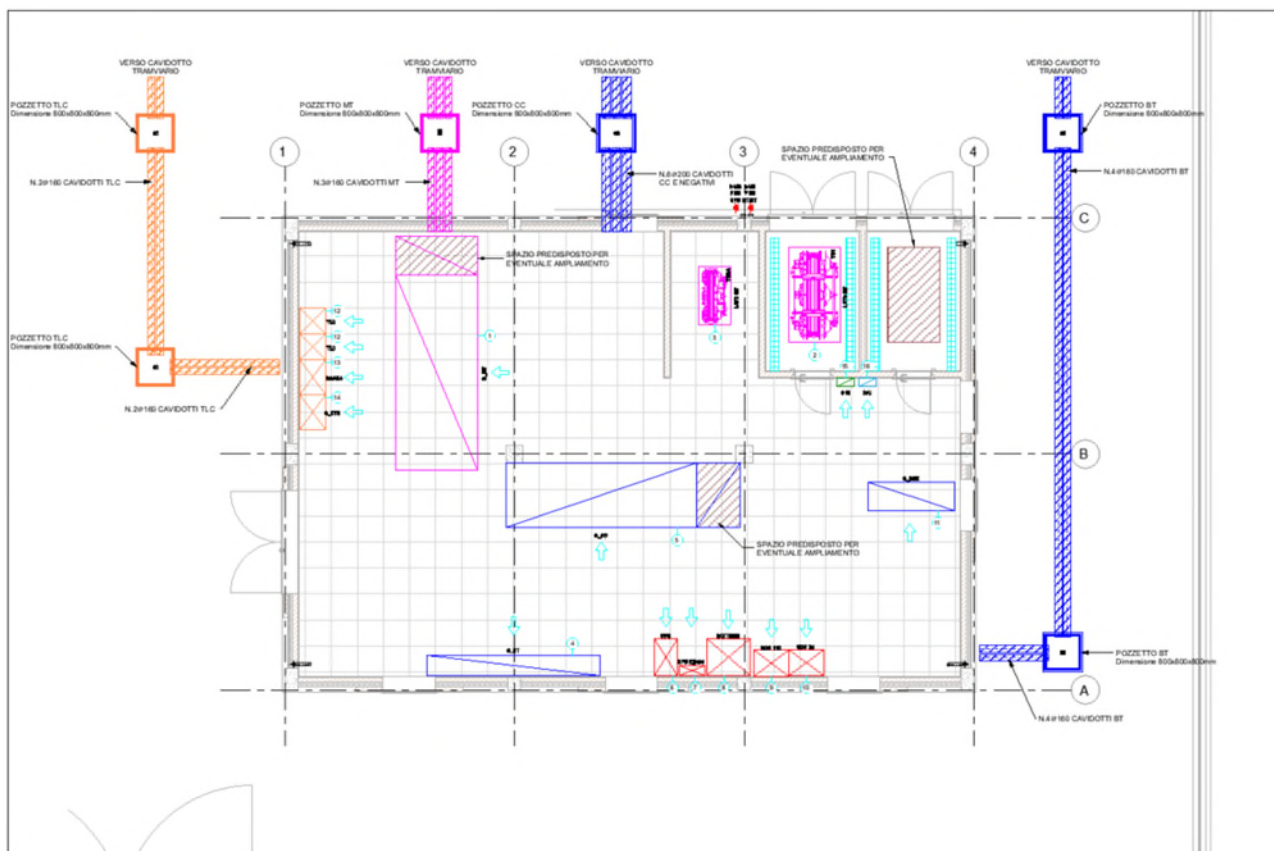
<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CAMPANIA</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
QB4.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x16
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI SSE</b>				
UPS-OUT	Linea da UPS SSE	Multi.	FG16OR16	3x1x35+Nx25+PE 25
PEM-UPS	Sgancio generale UPS SSE	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
QGBT.C1	Alimentazione rack/armadio TLC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C2	Alimentazione rack/armadio SCADA	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C3	Alimentazione quadro QLTE trascinamento logiche di emergenza	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C4	Alimentazione centralina antintrusione	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C5	Alimentazione centralina rivelazione incendi	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C6	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QMT	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C7	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QCC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C8	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	3G2,5
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB4.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x25
QB4.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16
QB4.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x25
<b>SEZIONE 110Vdc</b>				
SOC110	Linea da soccorritore carica-batterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC110.1	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.2	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.3	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.4	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo ausiliari)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.5	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella negativi)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.6	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.7	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.8	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 1)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.9	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 2)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.10	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.11	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.12	Alimentazione ausiliari 110Vdc QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x2,5
<b>SEZIONE 24Vdc</b>				
SOC24	Linea da soccorritore carica-batterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC24.1	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QMT	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.2	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QCC	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.3	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.4	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x4

Di seguito il layout delle SSE



TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO  
PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici



SSE1 Campania - Layout di cabina e vie cavo

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

**SSE DEPOSITO**

- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- n. 2 trasformatori di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V (di cui uno di riserva);

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE DEPOSITO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE QMT</b>				
QMT1	Allacciamento primario trasformatore di gruppo TR1	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT2	Allacciamento primario trasformatore di gruppo TR2	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT3	Allacciamento primario trasformatore ausiliario TRSA	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x35
PEM-MT	Sgancio generale rete MT/BT di SSE (da pulsante interno SSE)	Multi.	FTG180M16 R.F.	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR1 per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR2 per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TRSA per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO TR1</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
TR1A1	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA1-A quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
TR1A2	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA1-B quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
PT100-TR1	Segnali sonde di temperatura TR1 alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO TR2</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
TR2A1	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA2-A quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
TR2A2	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA2-B quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
PT100-TR2	Segnali sonde di temperatura TR2 alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI SSE</b>				
-	Collegamento PE da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
-	Alimentazione batteria rifasamento fisso trasformatore TRSA	Multi.	FG16OR16	4G4
QGBT.1	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso principale	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.2	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso by-pass	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.3	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.4	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.L1	Alimentazione illuminazione ordinaria locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L1E	Alimentazione illuminazione emergenza locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L2	Alimentazione illuminazione ordinaria locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G1,5

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE DEPOSITO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
QGBT.L2E	Alimentazione illuminazione emergenza locali trafo	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L3	Alimentazione illuminazione ordinaria locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L3E	Alimentazione illuminazione emergenza locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L4	Alimentazione illuminazione esterna perimetrale SSE (notturna)	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.F1	Alimentazione gruppi prese CEE locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	5G2,5
QGBT.F2	Alimentazione prese fm di servizio locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F3	Alimentazione prese fm di servizio locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F4	Alimentazione estrattore 1 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F5	Alimentazione estrattore 2 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F6	Alimentazione estrattore 3 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F7	Alimentazione estrattore 4 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB3.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16
QB3.N2	Alimentazione scaldiglia 1 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N3	Alimentazione scaldiglia 2 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N4	Alimentazione scaldiglia 3 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N5	Alimentazione scaldiglia 4 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N6	Alimentazione scaldiglia 5 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N7	Alimentazione scaldiglia 6 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N8	Alimentazione scaldiglia 7 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N9	Alimentazione scaldiglia 8 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N10	Alimentazione scaldiglia 9 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N11	Alimentazione scaldiglia 10 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI SSE</b>				
UPS-OUT	Linea da UPS SSE	Multi.	FG16OR16	3x1x35+Nx25+PE 25
PEM-UPS	Sgancio generale UPS SSE	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
QGBT.C1	Alimentazione rack/armadio TLC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C2	Alimentazione rack/armadio SCADA	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C3	Alimentazione quadro QLTE trascinamento logiche di emergenza	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C4	Alimentazione centralina antintrusione	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C5	Alimentazione centralina rivelazione incendi	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C6	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QMT	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C7	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QCC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C8	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	3G2,5
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB3.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16
QB3.C2	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.1	Multi.	FG16OR16	2x10
QB3.C3	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.2	Multi.	FG16OR16	2x6
SOC110	Linea da soccorritore carica-batterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC110.1	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.2	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.3	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo 1 di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.4	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo 2 di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.5	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo ausiliari)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.6	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella negativi)	Multi.	FG16OR16	2x2,5

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE DEPOSITO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
SOC110.7	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore A)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.8	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore B)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.9	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo A)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.10	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo B)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.11	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 1)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.12	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 2)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.13	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.14	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.15	Alimentazione ausiliari 110Vdc QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x2,5
<b>SEZIONE 24Vdc</b>				
SOC24	Linea da soccorritore carica-batterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC24.1	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QMT	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.2	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QCC	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.3	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.4	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x4

Nell'area deposito si prevede, all'interno della SSE DEPOSITO, una cabina di trasformazione MT/BT. All'interno di tale cabina si prevede l'installazione di N. 2 trasformatori da 1250 KV.

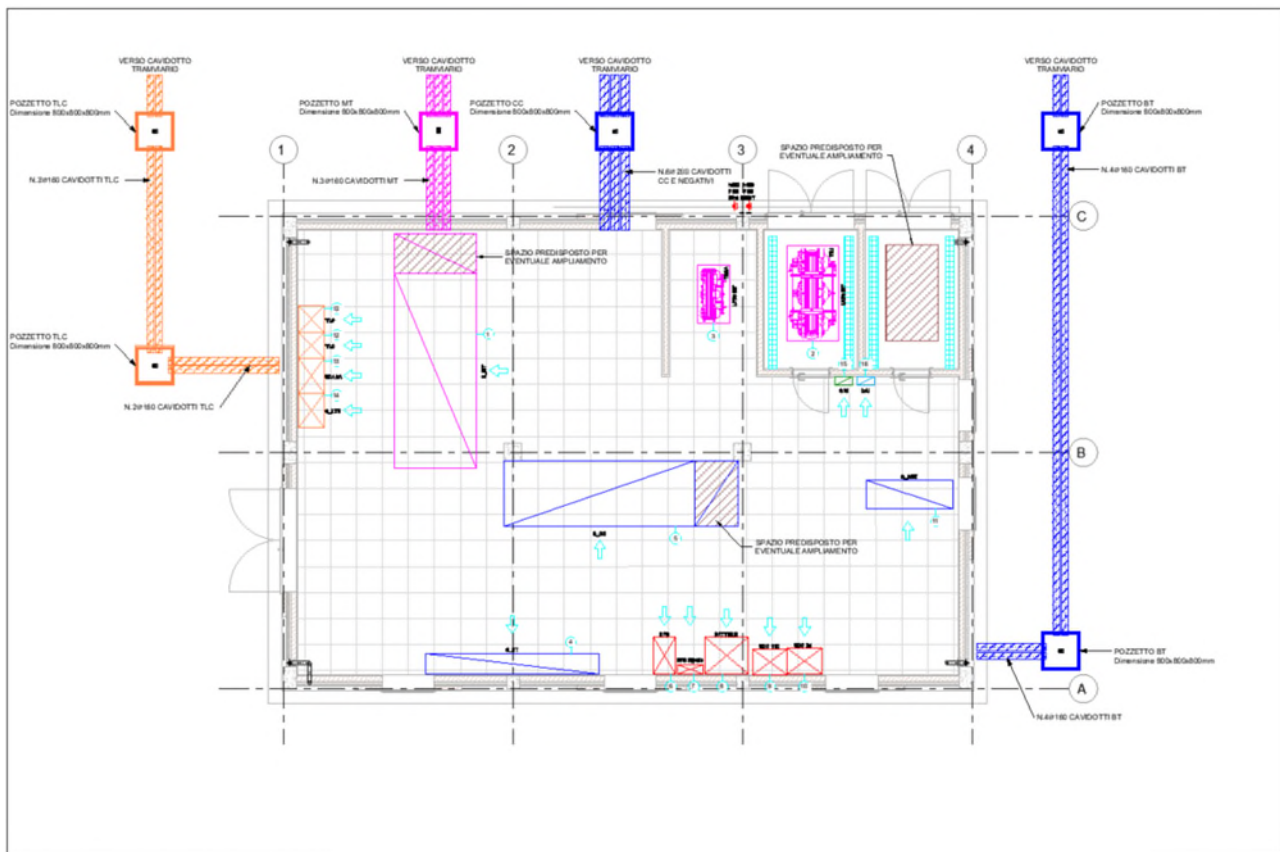
<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE DEPOSITO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE QMT_DEPOSITO</b>				
QMT.D1	Allacciamento primario trasformatore TR1	Unip.	RG16H1R12 12/20 kV	3x1x95
QMT.D2	Allacciamento primario trasformatore TR2	Unip.	RG16H1R12 12/20 kV	3x1x95
PEM-MT	Sgancio generale rete MT/BT di CABINA (da pulsante esterno)	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR1 per temperatura (da quadro ausiliari Q_CAB)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR2 per temperatura (da quadro ausiliari Q_CAB)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Segnale di tensione 59V0 al quadro interfaccia impianto FTV	Multi.	FG16OH2R16	2x4 schermato
<b>TRASFORMATORE TR1</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
QBT.TR1	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x(3x1x240)+N x(2x240)
PT100-TR1	Segnali sonde di temperatura TR1 alla centralina termometrica interna al quadro ausiliari Q_CAB	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE TR2</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
QBT.TR2	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x(3x1x240)+N x(2x240)

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE DEPOSITO				
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione
PT100-TR2	Segnali sonde di temperatura TR2 alla centralina termometrica interna al quadro asiliari Q_CAB	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
GRUPPO ELETTROGENO				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
QBT.GE	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x(4x1x240)+N x(2x240)
-	Segnali consenso avviamento GE da centralina commutazione QGBT	Multi.	FG16OR16	5x1,5

Di seguito il layout delle SSE



SSED Deposito - Layout di cabina e vie cavo

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

**SSE CASTAGNO**

- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- n. 1 trasformatore di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CASTAGNO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE QMT</b>				
QMT1	Allacciamento primario trasformatore di gruppo TR1	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT2	Allacciamento primario trasformatore ausiliario TRSA	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x35
PEM-MT	Sgancio generale rete MT/BT di SSE (da pulsante interno SSE)	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR1 per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TRSA per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO TR1</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
TR1A1	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA1 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
TR1A2	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA2 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
PT100-TR1	Segnali sonde di temperatura TR1 alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI SSE</b>				
-	Collegamento PE da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
-	Alimentazione batteria rifasamento fisso trasformatore TRSA	Multi.	FG16OR16	4G4
QGBT.1	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso principale	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.2	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso by-pass	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.3	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.4	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.L1	Alimentazione illuminazione ordinaria locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L1E	Alimentazione illuminazione emergenza locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L2	Alimentazione illuminazione ordinaria locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L2E	Alimentazione illuminazione emergenza locali trafo	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L3	Alimentazione illuminazione ordinaria locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L3E	Alimentazione illuminazione emergenza locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L4	Alimentazione illuminazione esterna perimetrale SSE (notturna)	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.F1	Alimentazione gruppi prese CEE locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	5G2,5
QGBT.F2	Alimentazione prese fm di servizio locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F3	Alimentazione prese fm di servizio locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F4	Alimentazione estrattore 1 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F5	Alimentazione estrattore 2 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5



**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

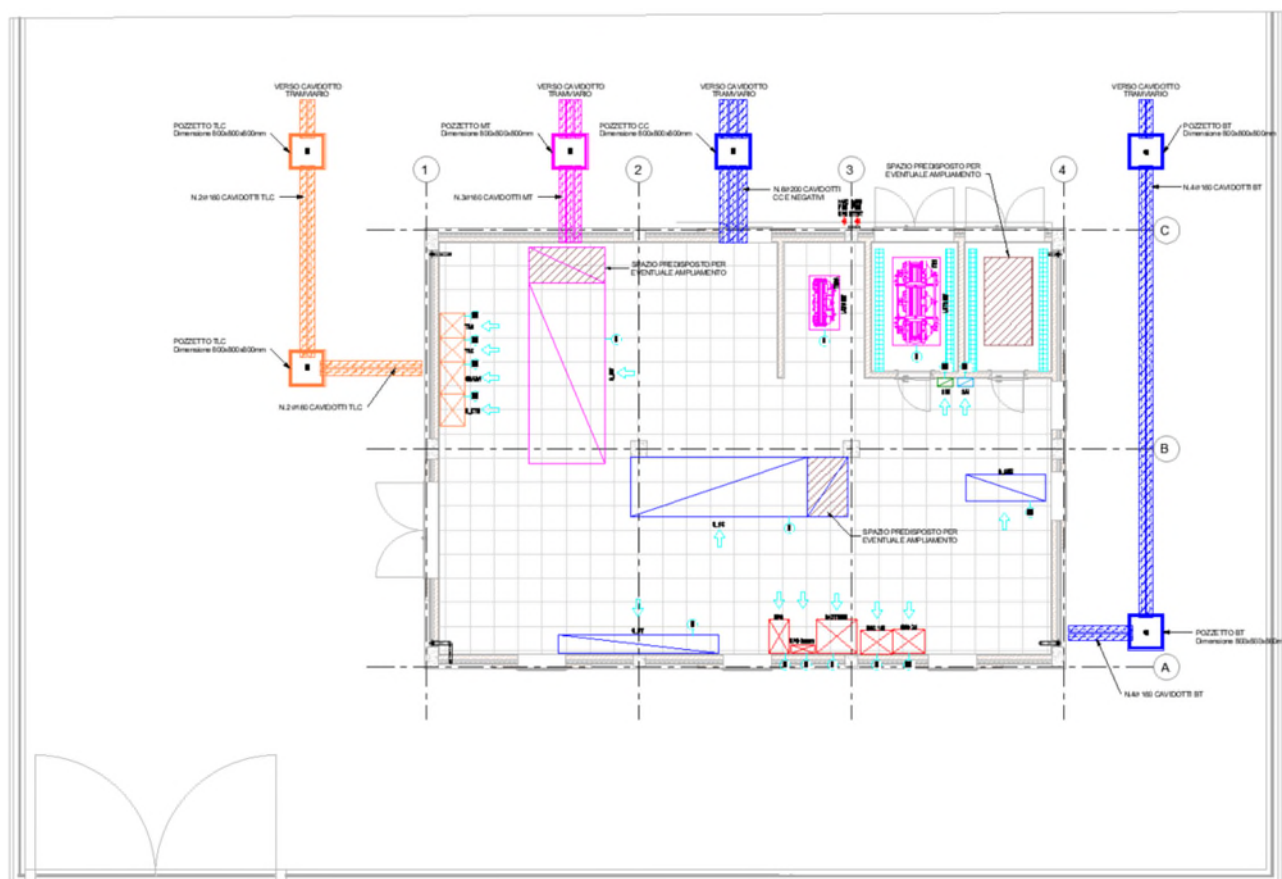
**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CASTAGNO</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
QGBT.F6	Alimentazione estrattore 3 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F7	Alimentazione estrattore 4 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB2.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI SSE</b>				
UPS-OUT	Linea da UPS SSE	Multi.	FG16OR16	3x1x35+Nx25+PE 25
PEM-UPS	Sgancio generale UPS SSE	Multi.	FTG18OM16 R.F.	2x1,5
QGBT.C1	Alimentazione rack/armadio TLC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C2	Alimentazione rack/armadio SCADA	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C3	Alimentazione quadro QLTE trascinamento logiche di emergenza	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C4	Alimentazione centralina antintrusione	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C5	Alimentazione centralina rivelazione incendi	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C6	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QMT	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C7	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QCC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C8	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	3G2,5
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB2.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x25
QB2.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx25
QB2.C4	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.3	Multi.	FG16OR16	2x4
QB2.C5	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.4	Multi.	FG16OR16	2x25
<b>SEZIONE 110Vdc</b>				
SOC110	Linea da soccorritore carica-batterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC110.1	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.2	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.3	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.4	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo ausiliari)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.5	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella negativi)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.6	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.7	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.8	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 1)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.9	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 2)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.10	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.11	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.12	Alimentazione ausiliari 110Vdc QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x2,5
SOC24	Linea da soccorritore carica-batterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC24.1	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QMT	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.2	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QCC	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.3	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x4

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE CASTAGNO				
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione
SOC24.4	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x4

Di seguito il layout delle SSE



SSE2 Castagno - Layout di cabina e vie cavo



**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

**SSE PALAGETTA**

- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- n. 1 trasformatori di potenza in resina da 1900 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE PALAGETTA</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE QMT</b>				
QMT0	Allacciamento MT 15 kV da locale consegna ENEL (alimentazione principale)	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT1	Allacciamento primario trasformatore di gruppo TR1	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x95
QMT2	Allacciamento primario trasformatore ausiliario TRSA	Unip.	RG16H1M16 12/20 kV	3x1x35
PEM-MT	Sgancio generale rete MT/BT di SSE (da pulsante interno SSE)	Multi.	FTG180M16 R.F.	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TR1 per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
-	Sgancio interruttore MT protezione trasformatore TRSA per temperatura (da quadro QGBT)	Multi.	FG16OR16	2x1,5
<b>TRASFORMATORE DI GRUPPO TR1</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x240
TR1A1	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA1 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
TR1A2	Linea BT 590V al raddrizzatore RZA2 quadro QCC	Unip.	FG16R16	2x(3x1x240)
PT100-TR1	Segnali sonde di temperatura TR1 alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI SSE</b>				
-	Collegamento PE da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
-	Alimentazione batteria rifasamento fisso trasformatore TRSA	Multi.	FG16OR16	4G4
QGBT.1	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso principale	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.2	Alimentazione UPS di SSE - Ingresso by-pass	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx35+PE 25
QGBT.3	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.4	Alimentazione soccorritore-caricabatterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	5G10
QGBT.5	Alimentazione quadro ausiliari 230Vac locale ENEL	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.L1	Alimentazione illuminazione ordinaria locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L1E	Alimentazione illuminazione emergenza locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L2	Alimentazione illuminazione ordinaria locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L2E	Alimentazione illuminazione emergenza locali trafo	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L3	Alimentazione illuminazione ordinaria locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.L3E	Alimentazione illuminazione emergenza locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	2x1,5
QGBT.L4	Alimentazione illuminazione esterna perimetrale SSE (notturna)	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.F1	Alimentazione gruppi prese CEE locale MT/BT	Multi.	FG16OR16	5G2,5
QGBT.F2	Alimentazione prese fm di servizio locale a disposizione e contatori	Multi.	FG16OR16	3G2,5

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

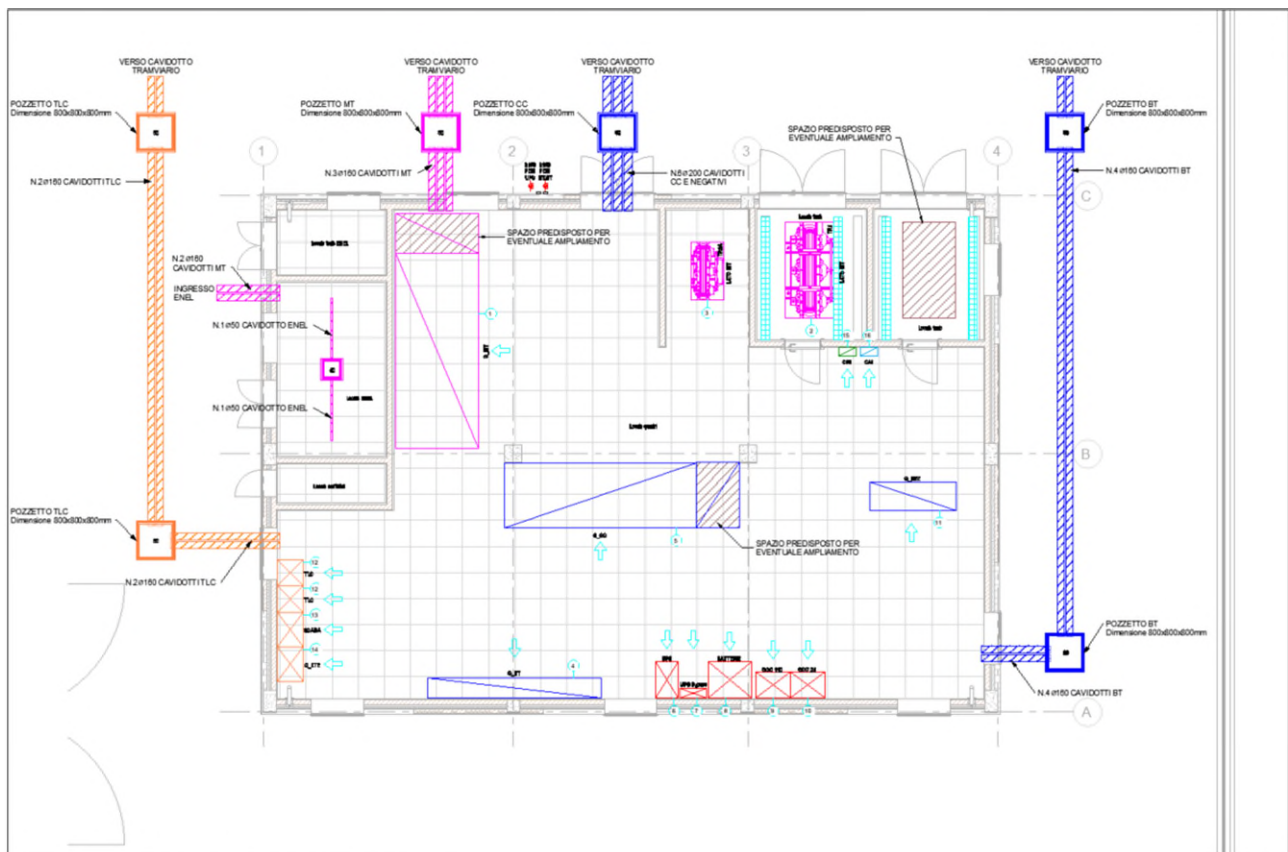
<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE PALAGETTA</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipologia conduttore</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
QGBT.F3	Alimentazione prese fm di servizio locali trafo	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.F4	Alimentazione estrattore 1 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F5	Alimentazione estrattore 2 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F6	Alimentazione estrattore 3 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
QGBT.F7	Alimentazione estrattore 4 SSE	Multi.	FG16OR16	4G1,5
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB1.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x70+Nx35
QB1.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.N4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI SSE</b>				
UPS-OUT	Linea da UPS SSE	Multi.	FG16OR16	3x1x35+Nx25+PE 25
PEM-UPS	Sgancio generale UPS SSE	Multi.	FTG180M16 R.F.	2x1,5
QGBT.C1	Alimentazione rack/armadio TLC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C2	Alimentazione rack/armadio SCADA	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C3	Alimentazione quadro QLTE trascinamento logiche di emergenza	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C4	Alimentazione centralina antintrusione	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C5	Alimentazione centralina rivelazione incendi	Multi.	FG16OR16	3G1,5
QGBT.C6	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QMT	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C7	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QCC	Multi.	FG16OR16	3G2,5
QGBT.C8	Alimentazione anticondensa e ausiliari 230Vac quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	3G2,5
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB1.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25
QB1.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x25
QB1.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.C4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25
QB1.C5	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.5	Multi.	FG16OR16	2x25
QB1.C6	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.6	Multi.	FG16OR16	2x16
<b>SEZIONE 110Vdc</b>				
SOC110	Linea da soccorritore carica-batterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC110.1	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella generale DG+PG)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.2	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.3	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.4	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo ausiliari)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.5	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella negativi)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.6	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.7	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.8	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 1)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.9	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 2)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.10	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.11	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI – SSE PALAGETTA				
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione
SOC110.1 2	Alimentazione ausiliari 110Vdc QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x2,5
SEZIONE 24Vdc				
SOC24	Linea da soccorritore carica-batterie 24Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC24.1	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QMT	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.2	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QCC	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.3	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x4
SOC24.4	Alimentazione ausiliari 24Vdc quadro QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x4

Di seguito il layout delle SSE



SSE3 Palagetta con locale fornitura - Layout di cabina e vie cavo

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Per determinazione della DPA per ogni SSE si identificano i seguenti impianti come quelli che forniscono il contributo nella determinazione della sua ampiezza. Nella valutazione saranno quindi considerati: il trasformatore di trazione (un trasformatore di trazione è di riserva all'altro se presente più di uno) e il trasformatore ausiliario.

SSE CAMPANIA

IMPIANTI CONSIDERATI NELLA VALUTAZIONE DELLA DPA
N. 1 TRASFORMATORE DI TRAZIONE a 3 avvolgimenti da 15/0.59/0.59 kVca; Potenza nominale massima 1900 kVA (1900/965/965)
N. 1 TRASFORMATORE PER I SERVIZI AUSILIARI di SSE e delle Fermate adiacenti la SSE da 15/0.4 kVca. Potenza nominale massima 160 kVA, 15KV/400 V

SSE DEPOSITO

IMPIANTI CONSIDERATI NELLA VALUTAZIONE DELLA DPA
N. 2 TRASFORMATORE DI TRAZIONE a 3 avvolgimenti da 15/0.59/0.59 kVca; Potenza nominale massima 1900 kVA (1900/965/965) ciascuno (di cui uno di riserva per cui non sarà considerato nella valutazione della DPA)
N. 1 TRASFORMATORE PER I SERVIZI AUSILIARI di SSE e delle Fermate adiacenti la SSE da 15/0.4 kVca. Potenza nominale massima 160 kVA, 15KV/400 V

SSE CABINA DI DEPOSITO

IMPIANTI CONSIDERATI NELLA VALUTAZIONE DELLA DPA
N. 2 TRASFORMATORE DI PER I SERVIZI del deposito. Potenza nominale massima 1250 kVA (di cui uno di riserva per cui non sarà considerato nella valutazione della DPA)

SSE CASTAGNO

IMPIANTI CONSIDERATI NELLA VALUTAZIONE DELLA DPA
N. 1 TRASFORMATORE DI TRAZIONE a 3 avvolgimenti da 15/0.59/0.59 kVca. Potenza nominale massima 1900 kVA (1900/965/965)
N. 1 TRASFORMATORE PER I SERVIZI AUSILIARI di SSE e delle Fermate adiacenti la SSE da 15/0.4 kVca. Potenza nominale massima 160 kVA, 15KV/400 V

SSE PALAGETTA

IMPIANTI CONSIDERATI NELLA VALUTAZIONE DELLA DPA
N. 1 TRASFORMATORE DI TRAZIONE a 3 avvolgimenti da 15/0.59/0.59 kVca. Potenza nominale massima 1900 kVA (1900/965/965)
N. 1 TRASFORMATORE PER I SERVIZI AUSILIARI di SSE e delle Fermate adiacenti la SSE da 15/0.4 kVca. Potenza nominale massima 160 kVA, 15KV/400 V

Per valutazione della DPA si impiega la formulazione come indicato dalle Linea Guida dell'Allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche".

$$Dpa = 0.40942 \cdot x^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

con

- "I", corrente nominale BT in uscita dal trasformatore;
- "x" diametro reale (conduttore + isolante) del cavo.

### **Valutazione DPA SSE CAMPANIA, SSE DEPOSITO, SSE CASTAGNO e SSE PALAGETTA**

#### **Trasformatore di trazione**

In base alla potenza nominale del trafo di trazione, pari a 965 kVA e alla tensione secondaria, pari a 590 V, si determina la corrente nominale di 944 A.

Considerando l'impiego del cavo 2x(3x1x240) [mm<sup>2</sup>] tipo FG16R16 (uno per secondario di ogni trafo) si determina il diametro reale. Il diametro esterno massimo di un conduttore, in base alle tabelle del costruttore dei cavi, è 30,2 mm dal quale si determina un diametro reale di  $30,2 \times 2 = 60,4$  mm.

La DPA risulta pari a 2,9 m e come previsto dal DM 29.05.08, tale ampiezza si considera a partire dal filo della parete esterna della cabina.

#### **Trasformatore ausiliario**

In base alla potenza nominale del trafo, pari a 160 kVA e alla tensione secondaria, pari a 400 V, si determina la corrente nominale di 231 A.

Considerando l'impiego del cavo di 3x1x120+1x70+1x70 [mm<sup>2</sup>] tipo FG16R16-0.6/1kV si determina il diametro reale. Il diametro esterno massimo di un conduttore, in base alle tabelle di costruzione dei cavi per il 120 mm, è 22,4 mm dal quale si determina un diametro reale di  $22,4 \times 3 = 67,2$  mm.

La DPA risulta pari a 1,5 m e come previsto dal DM 29.05.08 tale ampiezza si considera a partire dal filo della parete esterna della cabina.

### **Valutazione DPA CABINA DEPOSITO contenuta nello stesso edificio della SSE DEPOSITO**

In base alla potenza nominale del trafo, pari a 1250 kVA e alla tensione secondaria, pari a 400 V, si determina la corrente nominale di 1804 A.

Considerando l'impiego del cavo, in via preliminare, di 3x(3x1x240)+Nx(2x240) [mm<sup>2</sup>] tipo FG16R16-0.6/1kV si determina il diametro reale. Il diametro esterno massimo di un conduttore, in base alle tabelle di costruzione dei cavi per il 240 mm, è 30,4 mm dal quale si determina un diametro reale di  $30,2 \times 3 = 90,6$  mm.

La DPA risulta pari a 4,9 m e come previsto dal DM 29.05.08, tale ampiezza si considera a partire dal filo della parete esterna della cabina.

### **DPA complessiva SSE CAMPANIA, SSE CASTAGNO e SSE PALAGETTA**

Nel presupposto di eseguire una stima cautelativa si propone la valutazione della DPA della SSE considerando la sovrapposizione dell'effetto dei trasformatori come la somma vettoriale dell'induzione magnetica generata da entrambi nella stessa direzione. Sotto tale ipotesi la DPA complessiva è data dalla somma delle due DPA rispettive di ogni trasformatore.

Pertanto, valutando che per il trasformatore di trazione si stima una DPA di 2,9 m e per il trasformatore ausiliario di 1,5 m, si valuta una DPA complessiva di 4,4 metri da ogni parete della SSE.

### **DPA complessiva SSE DEPOSITO**

In merito al DPA complessiva della SSE DEPOSITO, si ritiene che la DPA valutata per i trasformatori di trazione e ausiliario sia compresa nella DPA già determinata di 4,9 metri per il trasformatore di servizio nella cabina della SSE DEPOSITO. Infatti, il trafo della cabina riservato ai servizi del deposito si trova ubicato nella parete opposta quella dei trafi a servizio della trazione e della linea, quindi non trova congrua applicazione la sovrapposizione dell'effetto dei trasformatori come la somma vettoriale dell'induzione magnetica generata

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

da entrambi nella stessa direzione. Si assume quindi per la SSE una DPA complessiva pari a 4,9 metri. Di seguito la pianta della SSE DEPOSITO.

### **Sintesi delle DPA delle SSE**

In base ai dati derivanti dalla valutazione delle DPA per le SSE, ritenuti cautelativi in quanto:

- sono riferiti alla corrente nominale secondaria del trasformatore;
- la formula del DM 29/05/2008 per il calcolo della DPA fa riferimento a linee infinite;
- in base a quanto riportato nel DM 29/05/2008 la DPA è tracciata dal muro esterno della cabina senza considerare il fatto che ci sono alcune pareti che sono ortogonali alle linee BT,

è determinata una DPA per ogni SSE di linea pari a 4,4m, per quella di deposito di 5,1m.

Pur considerando la presenza della recinzione posta a circa 5 metri dalle parte delle SSE lungo linea, al fine del contenimento della DPA stessa, si propone l'installazione all'interno nelle pareti di ogni SSE di un sistema schermante per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con tessuto metallico flessibile in trama ed ordito, protetto dalla corrosione e rivestimento con alluminio su entrambi i lati, finalizzato al rispetto dell'obiettivo di qualità di  $B \leq 3 \mu T$  (D.P.C.M. 8/7/2003), verificato secondo norma CEI 211-6, senza aggiunta di ulteriori elementi conduttivi e/o placcato con elementi elettroconduttivi ed equipotenziali

Il materiale schermante sarà posato in adesione a pareti, intradosso e pavimento in corrispondenza delle sorgenti.

L'intervento di mitigazione permetterà di conseguire il valore di qualità ossia  $B \leq 3 \mu T$  misurato a 0.30 m dalle pareti perimetrali delle sottostazioni e a 1 m dal piano di calpestio riducendo in modo significativo le DPA in pianta a 0.30 m. Tale valore è da ritenere prudenziale in quanto l'applicazione di schermi interni alle pareti della SSE permetterà di contenere la DPA all'interno della stessa.

SSE	DPA (m)	DPA con schermatura della SSE (m)
SSE CAMPANIA	4,4 m	0,3 m (*)
SSE DEPOSITO comprensiva della CABINA a servizio del deposito	4,9 m	0,3 m (*)
SSE CASTAGNO	4,4 m	0,3 m (*)
SSE PALAGETTE	4,4 m	0,3 m (*)

(\*): il valore della DPA è da ritenere prudenziale. L'applicazione della schermatura permette di ridurre la DPA al perimetro interno delle pareti delle SSE anche in considerazione del fatto che l'applicazione degli schermi avverrà nelle pareti interne della SSE.

### **Mitigazione delle SSE**

Al fine di avvalorare l'effetto di mitigazione indicato a mezzo della posa della schermatura sulle pareti interne si riporta, a titolo esemplificativo, le caratteristiche di materiali in commercio che permettono di ottenere l'effetto di riduzione del campo magnetico. Il prodotto schermate, che sarà installato nelle SSE, sarà individuato esattamente nella fase di progettazione esecutiva.

Sistema schermante G-iron ArmoFlex®. Il sistema schermante è progettato per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con tessuto metallico flessibile spesso 0,73 mm in trama ed ordito, protetto dalla corrosione e rivestimento con alluminio spesso 150  $\mu m$  su entrambi i lati. Lo spessore è 0,73 mm - 1,46 mm e il peso tra 4,18 kg/m<sup>2</sup>– 8,36 kg/m<sup>2</sup>.

Sistema schermante G-iron AFH™. Il sistema schermante è progettato per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con elemento permeabile marca G-iron Armoflex® (tessuto metallico flessibile spesso 0,73 mm realizzato in trama ed ordito, protetto dalla corrosione e rivestito con nastro monoadesivo spesso 150 µm su entrambi i lati) placcato con elementi elettroconduttivi ed equipotenziali. Lo spessore è pari a 3,73 mm - 4,70 mm e peso tra 12,43 Kg/m<sup>2</sup>-15,18 Kg/m<sup>2</sup>.

Di seguito si riporta il grafico dell'efficienza delle schermature su valori indicativi medi<sup>3</sup>.

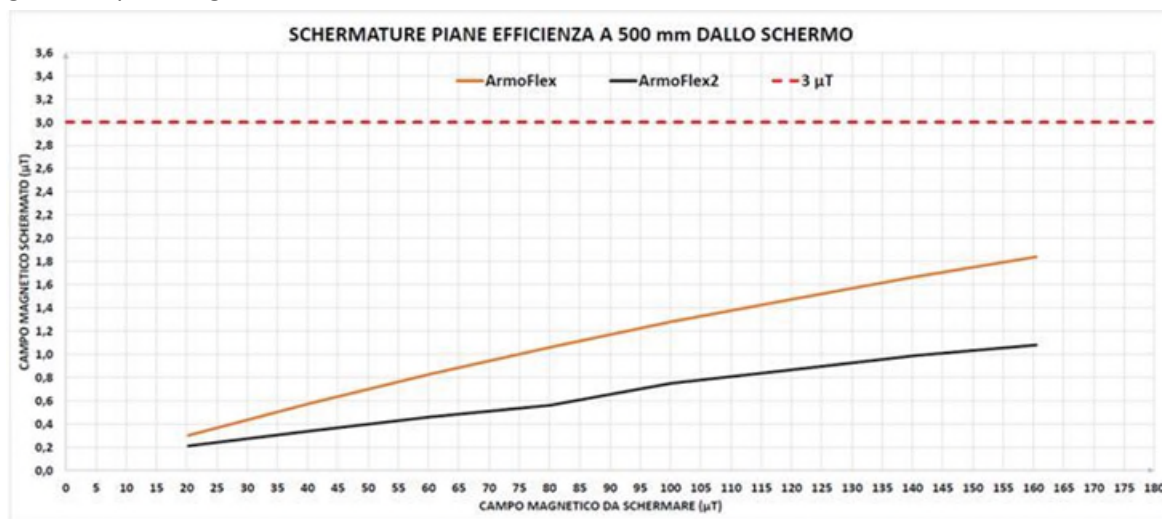


Figura 6 – Efficienza delle schermature piane a 500mm dallo schermo

Come è possibile riscontrare dal grafico di schermatura del campo magnetico è possibile ottenere una riduzione per campi magnetici da 20 µT a 160 µT ai rispettivi valori schermati di 0,3 µT e 1,8 µT, quindi con riduzioni pari o superiori al 98,5%; tali da garantire il rispetto dei 3 µT a distanze di 500mm dallo schermo.

### **Analisi dell'inserimento delle SSE nel contesto urbano**

Di seguito si riportano gli stralci cartografici dei piazzali previsti attorno alle SSE e del loro inserimento nel contesto urbano al fine della loro analisi.

Le SSE CAMPANIA, CASTAGNO e PALAGETTA, posizionate lungo la linea, prevedono nell'area circostante la SSE una zona non accessibile alla pubblica fruizione, in quanto è prevista la realizzazione di una recinzione in acciaio zincato tipo "Orso grill" posizionata ad una distanza di un minimo di 5m dalla parete esterna della SSE. L'area oltre la recinzione ha caratteristica o di solo transito pedonale e ciclabile, definibile a bassa permanenza da parte delle persone, o di area verde/parcheggio auto.

La SSE di DEPOSITO è prevista all'interno del deposito in posizione decentrata dagli altri edifici. Si evidenzia che la SSE è realizzata lungo in perimetro ovest del deposito, con una distanza dalla recinzione di 5,60m, in un'area in cui l'accesso è consentito solo a personale tecnico autorizzato. All'esterno della SSE sarà possibile il solo transito di addetti alle attività di lavoro previste nel deposito in maniera occasionale considerata la sua ubicazione.

In base all'analisi sul contesto in cui saranno inserite le SSE, già con gli elementi presentati, si riscontrano situazioni di compatibilità elettromagnetica con il territorio, non individuando situazioni di fruizione di aree da persone non addette ai lavori con valore di campo magnetico oltre i limiti previsti, in quanto le DPA, valutate senza la schermatura, sono già comprese in aree ad esclusiva fruizione di personale tecnico addetto ai lavori e non alla pubblica fruizione.

<sup>3</sup> Fonte: sito G-iron Lab, [www.g-iron.it/g-iron-armoflex](http://www.g-iron.it/g-iron-armoflex)



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Al fine di approfondire l'analisi, di seguito si riportano gli stralci di dettaglio delle ubicazioni delle SSE a servizio della L4.2, con riportata la DPA. Per tutte le SSE si verifica, anche in assenza della schermatura, la quale sarà comunque prevista, che la DPA è sempre contenuta all'interno del piazzale delle SSE, nel quale l'accesso è consentito solo a personale tecnico autorizzato. Come evidenziato, l'applicazione della schermatura ridurrà sensibilmente l'ampiezza delle DPA riducendola alla parete della SSE.

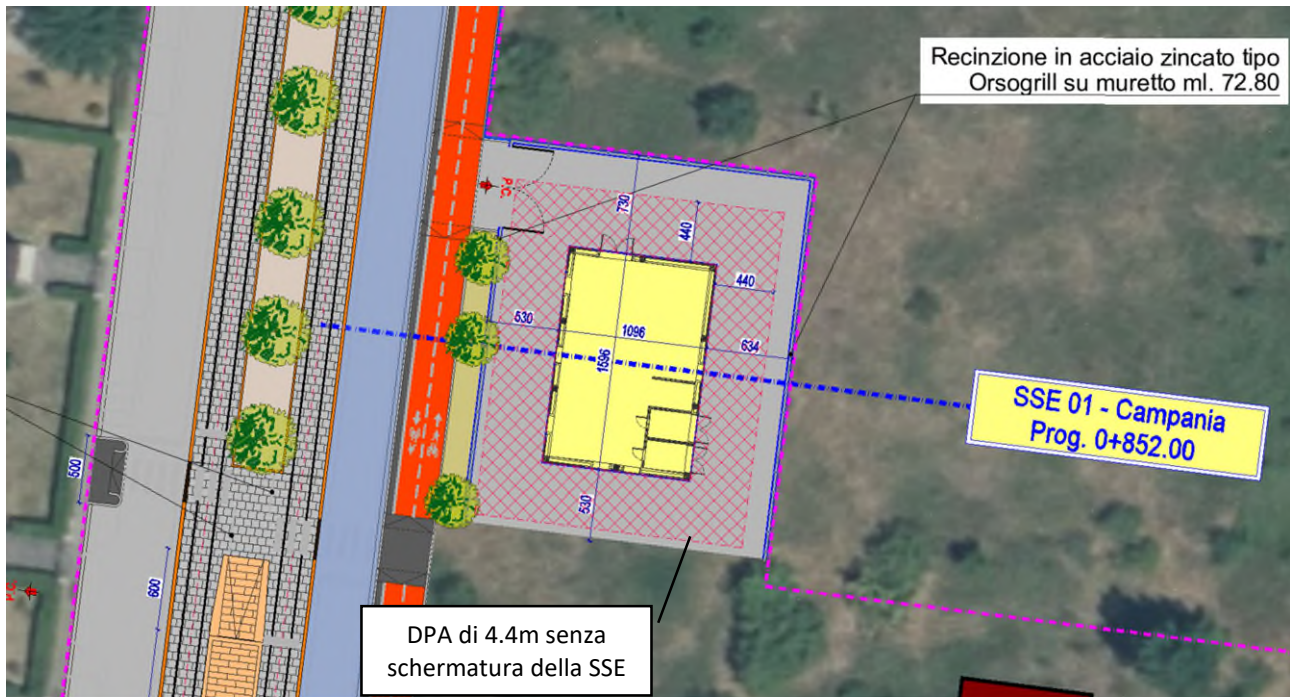


Figura 7 – SSE CAMPANIA

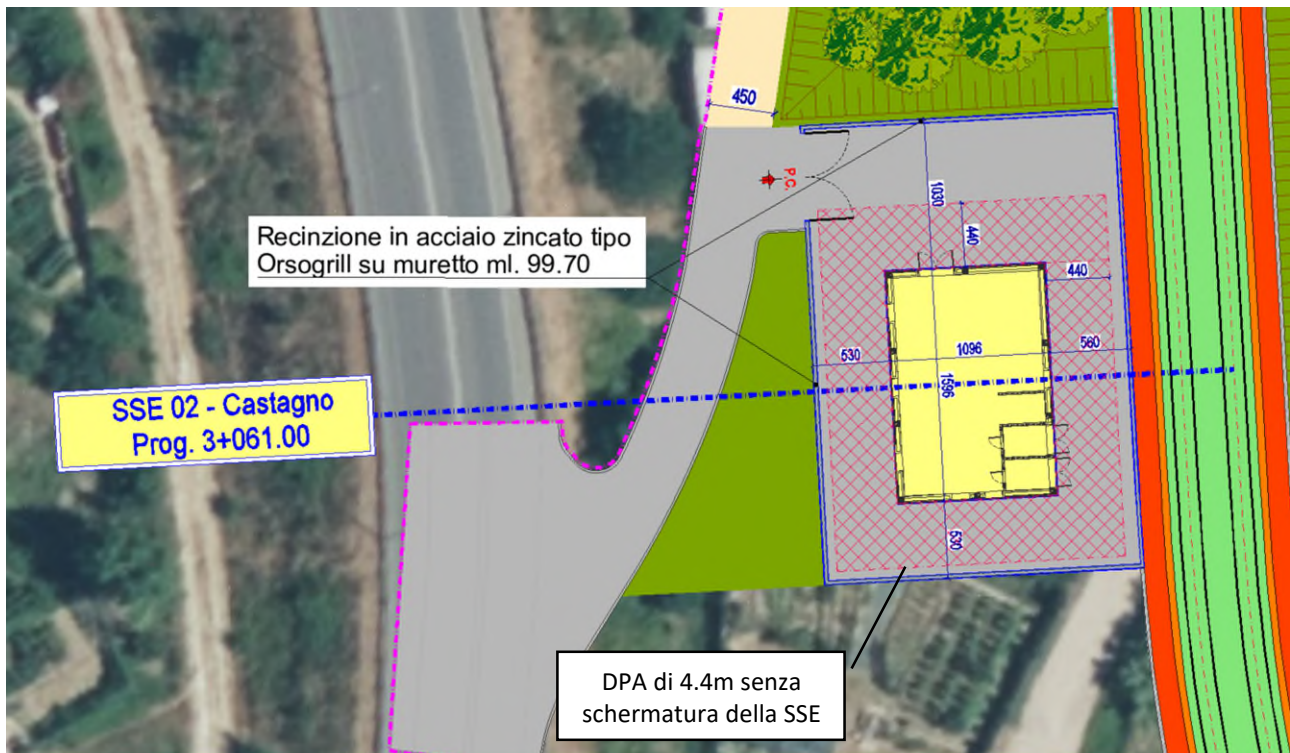


Figura 8 – SSE CASTAGNO



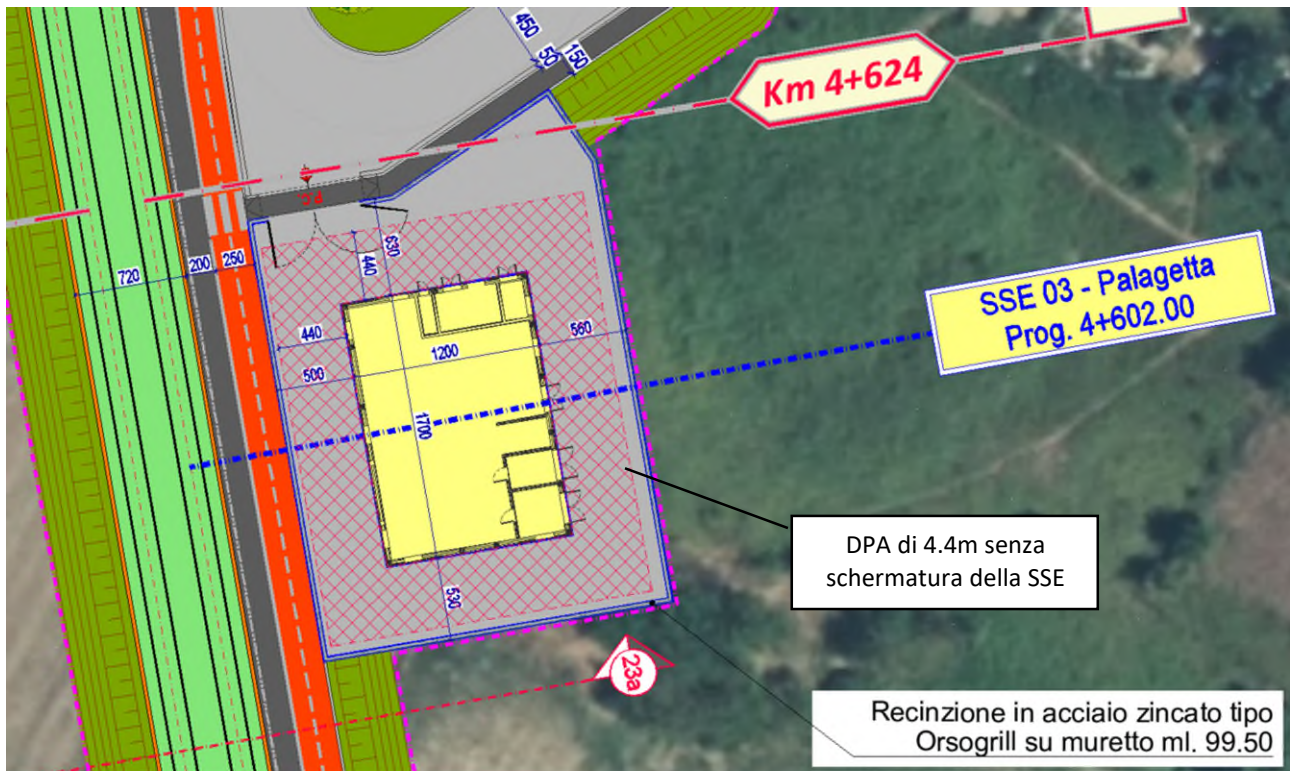


Figura 9 – SSE PALAGETTA

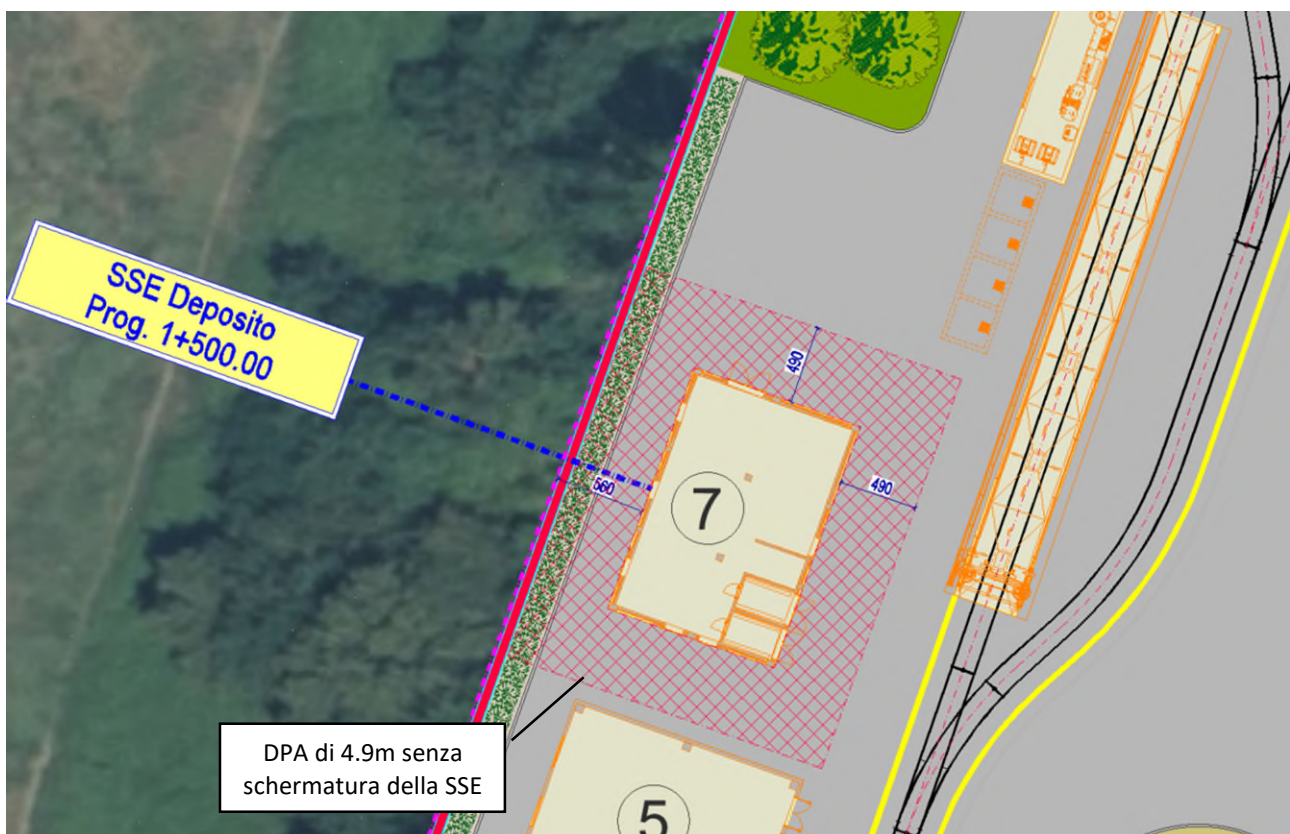


Figura 10 – SSE DEPOSITO



PARTE GENERALE  
 INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
 Relazione campi elettromagnetici

Di seguito si riportano i layout delle SSE con indicata la posizione delle schermature previste, pur avendo verificato il contenimento delle DPA all'interno dei piazzali, nei quali è previsto l'accesso del solo personale tecnico autorizzato. L'applicazione della schermatura comporta la riduzione della DPA alla parete della SSE.

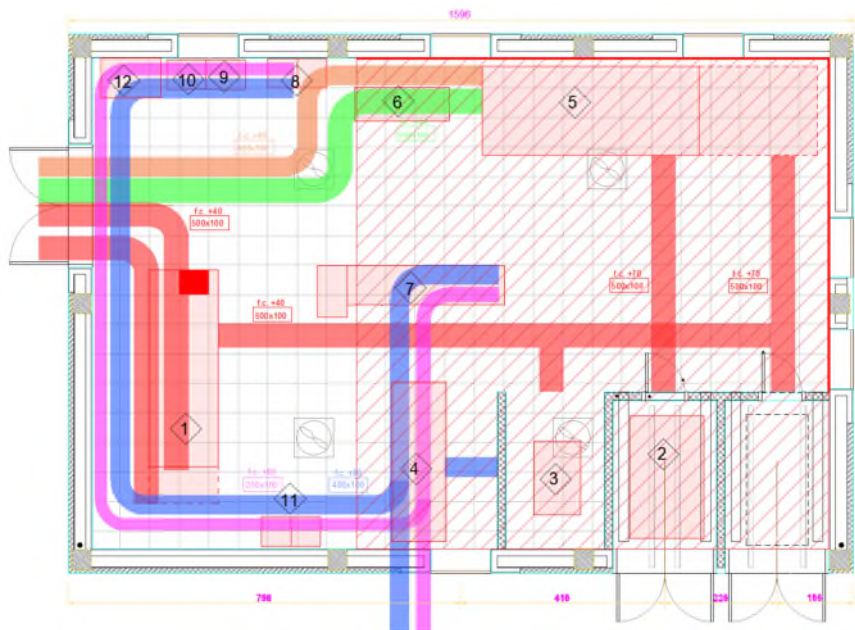


Figura 11 – SSE CASTAGNO / CAMPANIA: individuazione posizione della schermatura degli impianti (area rigata)

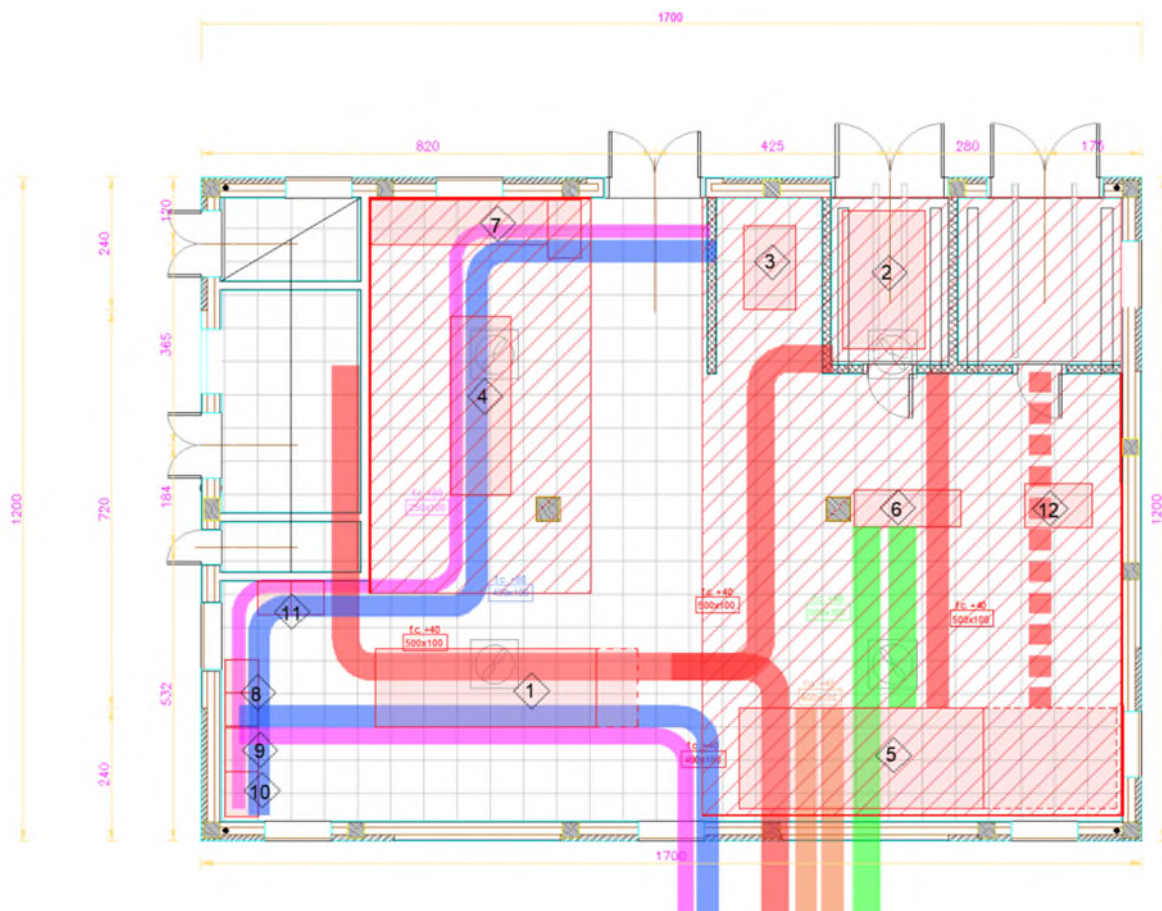


Figura 12 – SSE PALAGETTA: individuazione posizione della schermatura degli impianti (area rigata)

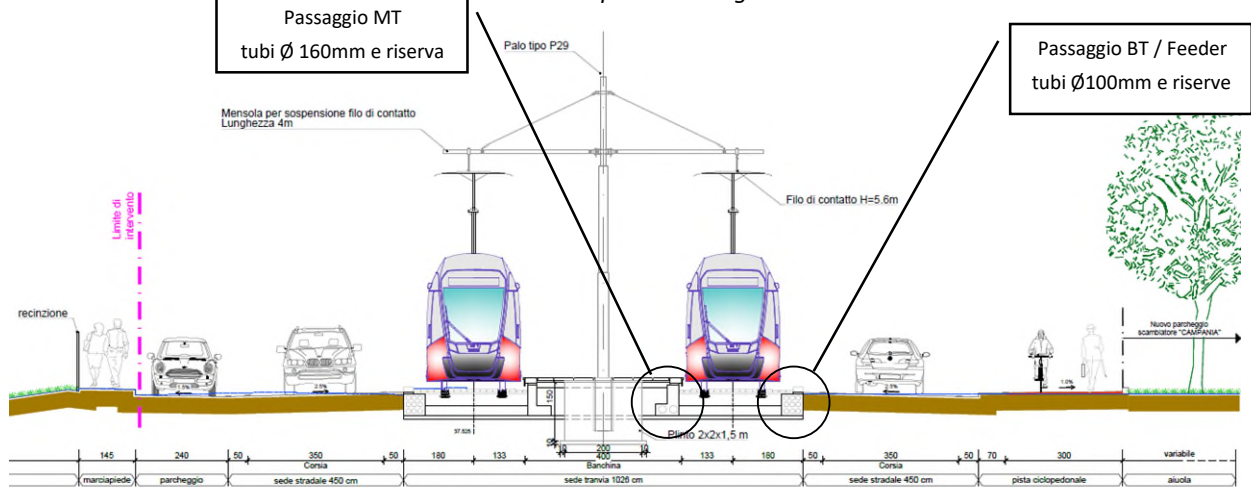


**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

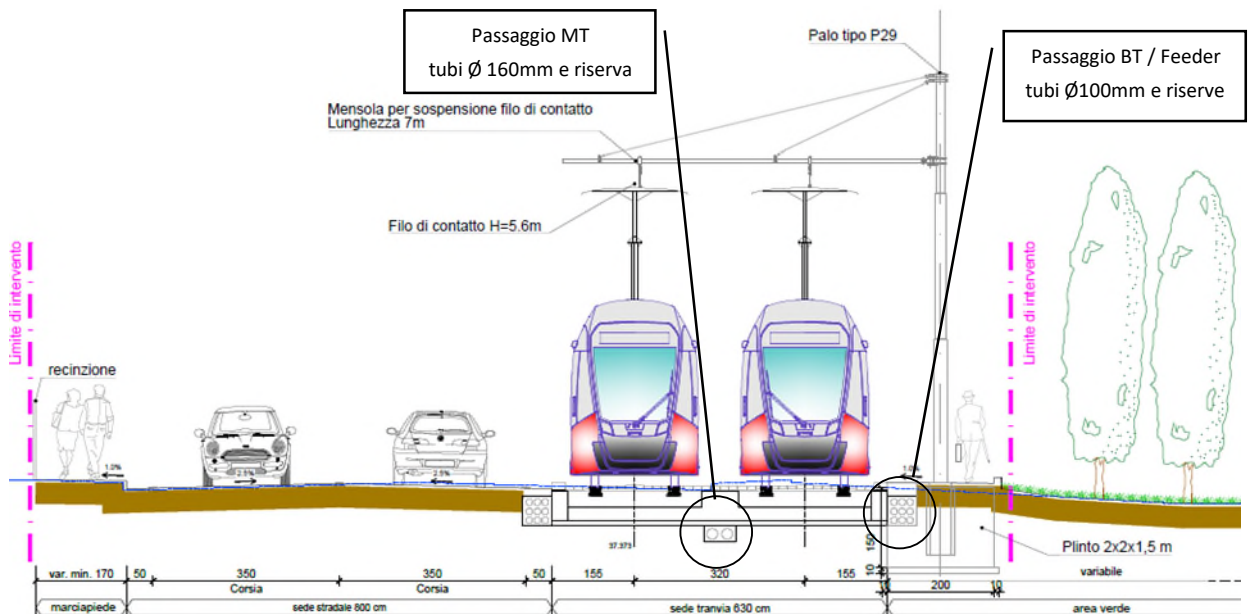
**PARTE GENERALE**

**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**

*Relazione campi elettromagnetici*



**Figura 14 - schema della posa in cavidotto per posa MT, Feeder 750 V dc / BT**



**Figura 15 - schema della posa in cavidotto per posa MT, Feeder 750 V dc / BT**

Altre sezioni tipologiche, dalle quali è possibile valutare la posa dei cavidotti, sono all'interno degli elaborati relativi alla TRAZIONE.

Di seguito le tabelle di sintesi con l'estratto del collegamento per ogni SSE dal trafo ausiliario ai quadri elettrici di fermata.

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CAMPANIA a QFE				
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipol. cond.	Tipologia cavo	Formazione
TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5



**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
*Relazione campi elettromagnetici*

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CAMPANIA a QFE</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipol. cond.</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB4.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x16
QB4.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16
QB4.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x16
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB4.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x25
QB4.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16
QB4.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x25

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE DEPOSITO a QFE</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipol. cond.</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB3.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16
QB3.N2	Alimentazione scaldiglia 1 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N3	Alimentazione scaldiglia 2 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N4	Alimentazione scaldiglia 3 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N5	Alimentazione scaldiglia 4 (km 1+639)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N6	Alimentazione scaldiglia 5 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N7	Alimentazione scaldiglia 6 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N8	Alimentazione scaldiglia 7 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N9	Alimentazione scaldiglia 8 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N10	Alimentazione scaldiglia 9 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
QB3.N11	Alimentazione scaldiglia 10 (piazzale deposito)	Multi.	FG16OR16	3G16
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB3.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16
QB3.C2	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.1	Multi.	FG16OR16	2x10
QB3.C3	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.2	Multi.	FG16OR16	2x6
SOC110	Linea da soccorritore carica-batterie 110Vdc	Multi.	FG16OR16	2x1x35
SOC110.1	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.2	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (cella partenza anello)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.3	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo 1 di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.4	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo 2 di gruppo)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.5	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QMT (celle trafo ausiliari)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.6	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella negativi)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.7	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore A)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.8	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella raddrizzatore B)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.9	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo A)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.10	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di gruppo B)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.11	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 1)	Multi.	FG16OR16	2x2,5

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

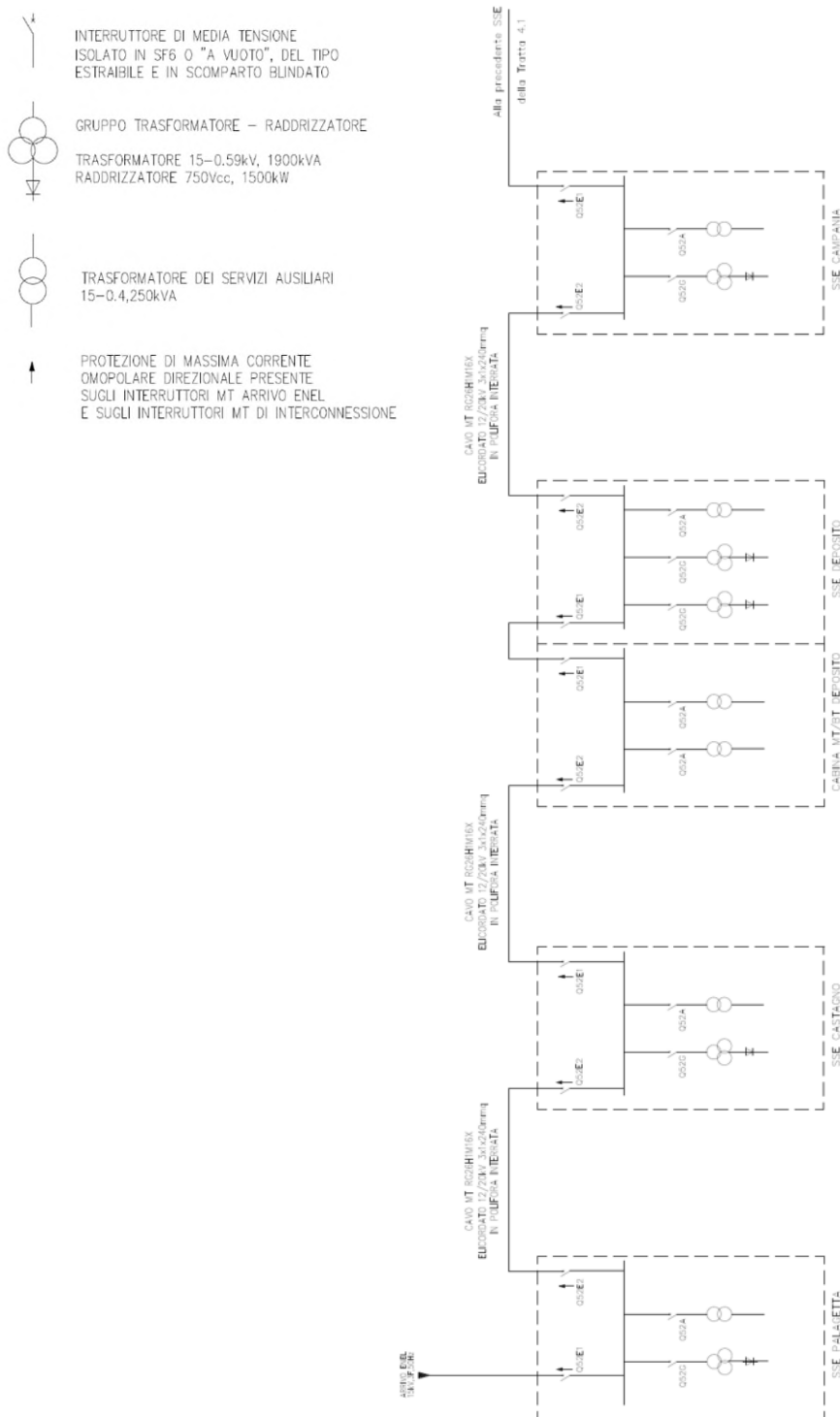
**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE DEPOSITO a QFE</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipol. cond.</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
SOC110.12	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QCC (cella sezionatore di linea 2)	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.13	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.14	Alimentazione ausiliari 110Vdc quadro QSEZ1-2	Multi.	FG16OR16	2x2,5
SOC110.15	Alimentazione ausiliari 110Vdc QGBT (interno)	Unip.	FS17	2x1x2,5

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CASTAGNO a QFE</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipol. cond.</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB2.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB2.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x25
QB2.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB2.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx25
QB2.C4	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.3	Multi.	FG16OR16	2x4
QB2.C5	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.4	Multi.	FG16OR16	2x25

<b>TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE PALAGETTA a QFE</b>				
<b>Sigla circuito</b>	<b>Denominazione circuito</b>	<b>Tipol. cond.</b>	<b>Tipologia cavo</b>	<b>Formazione</b>
<b>TRASFORMATORE AUSILIARI TRSA</b>				
-	Collegamento centro stella da rete di terra di cabina	Unip.	FS17 G/V	1x120
QBT0	Linea BT 400V al quadro generale di bassa tensione QGBT	Unip.	FG16R16	3x1x120+Nx70
PT100-TRSA	Segnali sonde di temperatura TRSA alla centralina termometrica interna al QGBT	Multi.	FG16OH2R16	10x1,5
<b>QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT</b>				
<b>SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB1.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x70+Nx35
QB1.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.N4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25
<b>SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA</b>				
QB1.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25
QB1.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x25
QB1.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16
QB1.C4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25
QB1.C5	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.5	Multi.	FG16OR16	2x25
QB1.C6	Alimentazione ausiliari sezionatore di linea n.6	Multi.	FG16OR16	2x16

Nell'elaborato dello schema di alimentazione in Media Tensione di progetto è riportato il seguente sistema di alimentazione MT.



**Figura 16 - Schema di alimentazione MT (elab. B382-4.2-SF-LAC-DG001-D)**



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO DALLA CABINA FINO ALLE SSE

È previsto un punto di consegna dalla rete ENEL, in media tensione a 15 KV, alla sottostazione PALAGETTA. Il cavidotto di collegamento dalla cabina alla SSE sarà realizzato con tubi da 160 mm a profondità maggiore di un metro.

CAVIDOTTO MT DI COLLEGAMENTO TRA LE SSE

Dal punto di fornitura l'energia sarà distribuita alle sottostazioni tramite una linea in media tensione in cavo ad anello aperto. I cavidotti di collegamento tra le SSE saranno realizzati con tubi da 160 mm a profondità di un metro, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro del cavo.

I collegamenti in media tensione tra le S.S.E. sono previsti con cavi unipolari per Media Tensione aventi grado di isolamento 12/20 KV e sezione di 240 mm<sup>2</sup>, tipo RG26H1M16X sezione 3x1x240mm<sup>2</sup>.

CAVIDOTTO MT DI COLLEGAMENTO TRA LE SSE			
Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione
ANELLO MT 15 KV LINEA 4.2 (ANELLO APERTO)			
Collegamento 15 kV da SSE Palagetta a SSE Castagno	Unipolare elicordato	RG26H1M16X 12/20 kV	3x1x240
Collegamento 15 kV da SSE Castagno a Cabina MT Deposito	Unipolare elicordato	RG26H1M16X 12/20 kV	3x1x240
Collegamento 15 kV da Cabina MT Deposito a SSE Deposito	Unipolare elicordato	RG26H1M16X 12/20 kV	3x1x240
Collegamento 15 kV da Cabina MT Deposito a SSE Campania	Unipolare elicordato	RG26H1M16X 12/20 kV	3x1x240
Collegamento 15 kV da SSE Campania all'inizio tratta 4.2 (collegamento con SSE tratta 4.1)	Unipolare elicordato	RG26H1M16X 12/20 kV	3x1x240

VALUTAZIONE DELLA DPA CAVIDOTTO MT

Come riportato nelle figure rappresentative della sezione verticale della sede tramviaria, nello spazio interbinario, di sotto della linea, sarà presente il cavidotto della media tensione MT.

Il cavo di media tensione di interconnessione tra le SSE sarà del tipo RG26H1M16X (cavo tripolare precordato) sezione 3x1x240mm<sup>2</sup>. Il cavo sarà inserito all'interno di cavidotto, il quale ha profondità di posa di 1 metro di profondità lungo linea e la cui ubicazione è nell'interbinario. Sulla linea 4.2 sarà presente una sola linea di MT. La configurazione prevista è ritorta ad elica (elicordato).

In riferimento a simulazioni effettuate sulla linea attigua della tramvia di Firenze (Linea 4.1) si considera cautelativamente la massima corrente media tra le SSE e pari a circa 170 A e la massima corrente pari a circa 192 A. Si evidenzia che la sezione del cavo è maggiore rispetto a quella necessaria al passaggio di corrente per evitare cadute di tensione.

Utilizzando i suddetti valori, considerando la distanza fra i conduttori in base alla tipologia di cavo impiegato (RG26H1M16X sezione 3x1x240mm<sup>2</sup> che implica una distanza S fra i conduttori di 36,1mm) ed applicando la formula empirica semplificata indicata dalla Guida CEI per gli elettrodotti si determina quanto segue.

**Tabella 12 – valutazione DPA cavidotto MT in funzione della corrente media e massima**

Corrente Media I <sub>B</sub> =170 A				Massima Corrente I <sub>B</sub> =192 A			
D* (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione	D* (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
1	1,5	3	entro il limite	1	1,7	3	entro il limite
2	0,4	3	entro il limite	2	0,4	3	entro il limite

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Corrente Media $I_B=170$ A				Massima Corrente $I_B=192$ A			
D* (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione	D* (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
3	0,2	3	entro il limite	3	0,2	3	entro il limite
4	0,1	3	entro il limite	4	0,1	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

Considerando l'intensità di corrente massima in riferimento alla potenza nominale degli apparati elettrici collegati 342 A si determina quanto segue.

Corrente Massima f(PN apparati) $I_B=342$ A			
D* (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
1	3,0	3	coincidente al limite
2	0,8	3	entro il limite
3	0,3	3	entro il limite
4	0,2	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

Considerando le profondità di posa del cavidotto si determina che già nei pressi del piano di campagna, anche senza considerare l'effetto schermante dovuto alla posa interrata all'interno di cavidotto, un valore inferiore a 3μT. Il valore risulta ancora diminuire all'altezza di 1 metro dal piano di campagna a causa della rapida decrescita del campo.

Inoltre, si evidenzia che il cavidotto si trova interrato in corrispondenza dell'interasse fra i binari della linea tramviaria e quindi l'area è interdetta da parte della fruizione pubblica delle persone a meno del transito negli attraversamenti pedonali, per i quali comunque è possibile escludere la permanenza per un tempo superiore alle quattro ore.

### 1.3.11 Cavi bassa tensione interrati e Quadri di fermata (CA)

Come si riscontra nelle figure riportate in precedenza, della sezione verticale della sede tramviaria, a fianco del lato esterno al binario sarà posato il cavidotto della linea di bassa tensione BT. Tale cavidotto avrà origine dalla SSE e collegherà i QEF ubicati nell'area adiacenti le fermate stesse.

In relazione alla linea BT di alimentazione delle fermate e alle linee di illuminazione pubblica la profondità di posa è maggiore di 0.30 m.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i collegamenti tra SSE, dal QBT interno alla stessa SSE e QEF, con indicata la corrente reale di passaggio. Si evidenzia che la sezione del cavo è maggiore rispetto a quella necessaria al passaggio di corrente per evitare cadute di tensione.

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CAMPANIA					
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione	Corrente $I_B$ (A)
QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT					
SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA					
QB4.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x16	3,94
QB4.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16	3,94
QB4.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x16	3,94
SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA					

TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO  
PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CAMPANIA					
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione	Corrente I <sub>B</sub> (A)
QB4.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE3 fermata Abruzzi	Multi.	FG16OR16	4x25	8,35
QB4.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE2 fermata Campania	Multi.	FG16OR16	4x16	9,19
QB4.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE1 fermata Nave di Brozzi	Multi.	FG16OR16	4x25	9,47

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE DEPOSITO					
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione	Corrente I <sub>B</sub> (A)
QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT					
SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA					
QB3.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16	17,36
SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA					
QB3.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino	Multi.	FG16OR16	4x16	11,29

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE CASTAGNO					
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione	Corrente I <sub>B</sub> (A)
QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT					
SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA					
QB2.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x16	3,94
QB2.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16	3,94
QB2.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25	1,76
SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA					
QB2.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE7 fermata Repubblica	Multi.	FG16OR16	4x25	10,87
QB2.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE6 fermata Castagno	Multi.	FG16OR16	4x16	8,07
QB2.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE5 fermata Pistoiese	Unip.	FG16R16	3x1x35+Nx25	9,47

TIPOLOGIA CAVO E COLLEGAMENTI SSE PALAGETTA					
Sigla circuito	Denominazione circuito	Tipologia conduttore	Tipologia cavo	Formazione	Corrente I <sub>B</sub> (A)
QUADRO ELETTRICO GENERALE QGBT					
SEZIONE AC ORDINARIA - UTENZE DI LINEA					
QB1.N1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x70+Nx35	14,76
QB1.N2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x16	6,96
QB1.N3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16	1,76
QB1.N4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25	1,76
SEZIONE AC CONTINUITA' ASSOLUTA - UTENZE DI LINEA					
QB1.C1	Alimentazione quadro elettrico QFE11 capolinea Rucellai	Unip.	FG16R16	3x1x50+Nx25	11,29
QB1.C2	Alimentazione quadro elettrico QFE10 fermata Giordano Bruno	Multi.	FG16OR16	4x25	8,63
QB1.C3	Alimentazione quadro elettrico QFE9 fermata Palagetta	Multi.	FG16OR16	4x16	9,75
QB1.C4	Alimentazione quadro elettrico QFE8 fermata Racchio	Multi.	FG16OR16	4x25	9,47

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

**VALUTAZIONE DELLA DPA CAVIDOTTO BT**

In base alle tabelle precedenti, nelle quali è riportata la corrente reale all'interno dei conduttori che alimentano i QEF, è possibile definire la somma della corrente in BT in uscita dalle SSE.

- SSE CAMPANIA: 38,83 A;
- SSE DEPOSITO: 28,65 A;
- SSE CASTAGNO: 38,05 A;
- SSE PALAGETTA: 64,38 A.

Utilizzando i suddetti valori, considerando la distanza fra i conduttori in base alla tipologia di cavo impiegato (si considera cautelativamente il cavo con la sezione maggiore per tutte le situazioni: FG16R16-0,6/1 kV - 4x25 che implica una distanza S fra i conduttori di 26,8 mm) ed applicando la formula empirica semplificata per gli elettrodotti si determina quanto segue.

Per la SSE CAMPANIA:

**Tabella 13 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE CAMPANIA**

D (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
0,5	1,4	3	entro il limite
1	0,4	3	entro il limite
2	0,1	3	entro il limite
3	0,0	3	entro il limite
4	0,0	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

Per la SSE DEPOSITO:

**Tabella 14 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE DEPOSITO**

D (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
0,5	1,1	3	entro il limite
1	0,3	3	entro il limite
2	0,1	3	entro il limite
3	0,0	3	entro il limite
4	0,0	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

Per la SSE CASTAGNO:

**Tabella 15 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE CASTAGNO**

D (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
0,5	1,4	3	entro il limite
1	0,4	3	entro il limite
2	0,1	3	entro il limite
3	0,0	3	entro il limite
4	0,0	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Per la SSE PALAGETTA:

**Tabella 16 – valutazione DPA cavidotto BT in uscita dalla SSE PALAGETTA**

D (m)	B ( $\mu$ T)	Limite ( $\mu$ T)	Valutazione
0,5	2,4	3	entro il limite
1	0,6	3	entro il limite
2	0,2	3	entro il limite
3	0,1	3	entro il limite
4	0,0	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavidotto.

Si determina quindi che con una posa del cavidotto in uscita dalle SSE, eseguita alla profondità di almeno 1 m, già nei pressi del piano di campagna, anche senza considerare l'effetto schermante, si ha un valore inferiore a  $3\mu$ T.

In base a questa valutazione, eseguita in corrispondenza dell'uscita dalla SSE dove si valuta il massimo valore, lungo il cavidotto della linea, si attende una diminuzione dell'induzione magnetica in quanto procedendo all'alimentazione successiva dei QEF, diminuisce il numero di cavi nel cavidotto e quindi della corrente riducendo il campo magnetico di conseguenza.

Inoltre, si ricorda che il cavidotto si trova interrato in corrispondenza delle immediate vicinanze del binario della linea tramviaria e quindi l'area è interdetta da parte della fruizione pubblica delle persone a meno del transito negli attraversamenti pedonali, per i quali comunque è possibile escludere la permanenza superiore alle quattro ore.

#### VALUTAZIONE DELLA DPA DEL QEF

Al fine di compiere una valutazione conservativa si considera cautelativamente la massima corrente in BT in uscita dal QBT della SSE verso il QEF estendendo il risultato a tutti i QEF. Per la valutazione si considera il valore pari a 17,36 A (alimentazione quadro elettrico QFE4 fermata San Donnino) e il cavo con la sezione: FG16R16-0,6/1 kV - 4x16 che implica una distanza S fra i conduttori di 22,4 mm. In base a queste considerazioni si ottiene quanto segue.

**Tabella 17 – valutazione DPA del QEF**

D (m)	B ( $\mu$ T)	Limite ( $\mu$ T)	Valutazione
0,5	0,5	3	entro il limite
1	0,1	3	entro il limite
2	0,0	3	entro il limite
3	0,0	3	entro il limite

(\*) D = distanza centro cavi

In base alla corrente e di tipologia di cavo considerati, si verifica il rispetto del valore dei  $3\mu$ T nelle immediate vicinanze dei QEF.

Estendendo la valutazione agli altri QEF, avendo questi parametri pari od inferiori a quelli valutati come massimi, si considera rispettato il valore dei  $3\mu$ T nelle immediate vicinanze del quadro.

### **1.3.12 Attività di cantiere**

In riferimento alla limitata durata temporale della fase di cantiere e alle potenziali emissioni di campi a bassa frequenza generati da dispositivi e macchinari elettrici impiegati dagli addetti e dai lavoratori, è plausibile sostenere come la fase realizzativa non implichi particolari situazioni di criticità. Nonostante ciò, si può ugualmente mantenere un approccio conservativo relativo alla specifica componente finalizzato alla minimizzazione dell'impatto ambientale. Tale ottimizzazione è riferita al mantenimento di opportune distanze tra gli apparati, anche provvisori, che dovranno essere installati per il corretto funzionamento del cantiere (quali impianti per la produzione e trasformazione dell'energia elettrica, linee elettriche temporanee ecc.) e i potenziali ricettori sensibili posti in adiacenza alle aree di cantiere.

Per l'individuazione della fascia di pertinenza relativa ai macchinari di cantiere, in analogia con le considerazioni protezionistiche enunciate per gli ambiti correlati alle sottostazioni elettriche, risulterà sufficiente rispettare la distanza di quattro metri dagli edifici e dalle strutture prospicienti le aree e i depositi per conseguire valori di induzione magnetica inferiori al valore di qualità. Possiamo infatti ipotizzare con buona precisione che i singoli dispositivi di cabina siano senz'altro sorgenti di radiazioni ELF potenzialmente ben più potenti di qualsiasi tipo di macchinario di cantiere funzionante a energia elettrica.



### 1.3.13 Interferenze con elettrodotti in AT

#### Stato delle interferenze sul tracciato della Linea 4.2

La linea 4.2 lungo il tracciato interferisce con tre elettrodotti in alta tensione (AT):

- nel Comune di Firenze con l'elettrodotto nr.404 da 132 kV "Peretola-Osmannoro";
- nel Comune di Campi Bisenzio con l'elettrodotto nr. 491 da 132 kV "Casellina-S. Cresci" e l'elettrodotto nr. 337 da 380 kV "Tavarnuzze-Calenzano".

Di seguito si riportano le riprese degli elettrodotti individuati e le caratteristiche con le quali è condotta la valutazione della DPA.

#### Elettrodotto nr.404 da 132 kV



FIGURA 17 – ELETTRODOTTO NR. 404 DA 132 kV (TERNA) VISTA DA VIA ABRUZZI (A SX) E VIA LAZIO (A DX). TRATTO DI PROGETTO DI FERMATA NAVE DI BROZZI E AREA VIA ABRUZZI

#### Elettrodotto nr. 491 da 132 kV



FIGURA 18 – ELETTRODOTTO NR. 491 DA 132 kV (TERNA) VISTA DA VIA PISTOIESE (A SX) E VIA DI BOZZALE (A DX). TRATTO DI PROGETTO DEPOSITO E FERMATA S. DONNINO



FIGURA 19 – ELETTRODOTTO NR. 491 DA 132 kV (TERNA) VISTA VIA PISTOIESE

Elettrodotto nr. 337 da 380 kV



FIGURA 20 – ELETTRODOTTO NR. 337 DA 380 kV (TERNA) VISTA DA VIALE LIBERTO ROTI (A SX) E STR. VICINALE DELLA MONACA (A DX). TRATTO DI PROGETTO DEL VIADOTTO FOSSO REALE



FIGURA 21 – ELETTRODOTTO NR. 337 DA 380 kV (TERNA), VISTA PERPENDICOLARE DA VIA S. JACOPO, ED ELETTRODOTTO NR. 491 DA 132 kV (TERNA), VISTA PARALLELA. TRATTO DI PROGETTO DEL VIADOTTO FOSSO REALE

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Analisi dell'interferenza con gli elettrodotti

Al fine di procedere all'analisi dell'interferenza tra elettrodotti e la linea 4.2 della tramvia si procede alla stima della DPA di ogni elettrodotto in base alle indicazioni riportate nel:

- D.M. 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";

e su quanto indicato nelle seguenti linee guida:

- "La metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" pubblicazione ARPAT n. 204-2008.
- "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" pubblicate da Enel Distribuzione S.p.A.
- "Nuova edificazione in prossimità di un elettrodotto esistente, Guida pratica per le informazioni sulle fasce di rispetto per gli elettrodotti", pubblicazione ARPAT, 2014.

Si evidenzia che per la stima dell'ampiezza della DPA sarà considerata la massima corrente indicata nelle Linee Guida pubblicate da Enel Distribuzione S.p.A..

In base alla tipologia di linee individuate (tralice) ed alla potenza, oltre che all'intensità di corrente, è possibile individuare le DPA per ogni elettrodotto.

Per elettrodotto nr.404 da 132 kV, in base alle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si individua quanto segue:

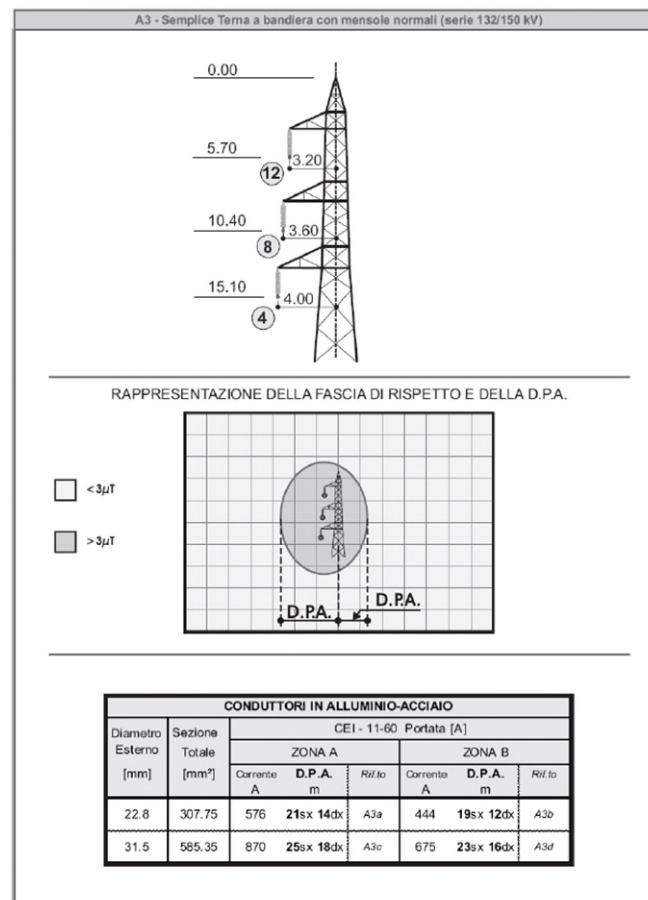


Figura 22 – DPA da linee guida ENEL per traliccio a singola terna a Bandiera

PARTE GENERALE

INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI

Relazione campi elettromagnetici

Per l'elettrodotto si individuano sul lato in cui è previsto il progetto della linea 4.2 (a destra del traliccio della figura precedente) una DPA di 18 m dall'asse del traliccio e nel lato opposto di 25 m (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 43 m.

È possibile stimare, dalla rappresentazione grafica contenuta nella scheda, che dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore, collegato al traliccio, la DPA ha, sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 25m in corrispondenza del cavo.

Per elettrodotto nr. 491 da 132 kV, in base alle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si individua quanto segue:

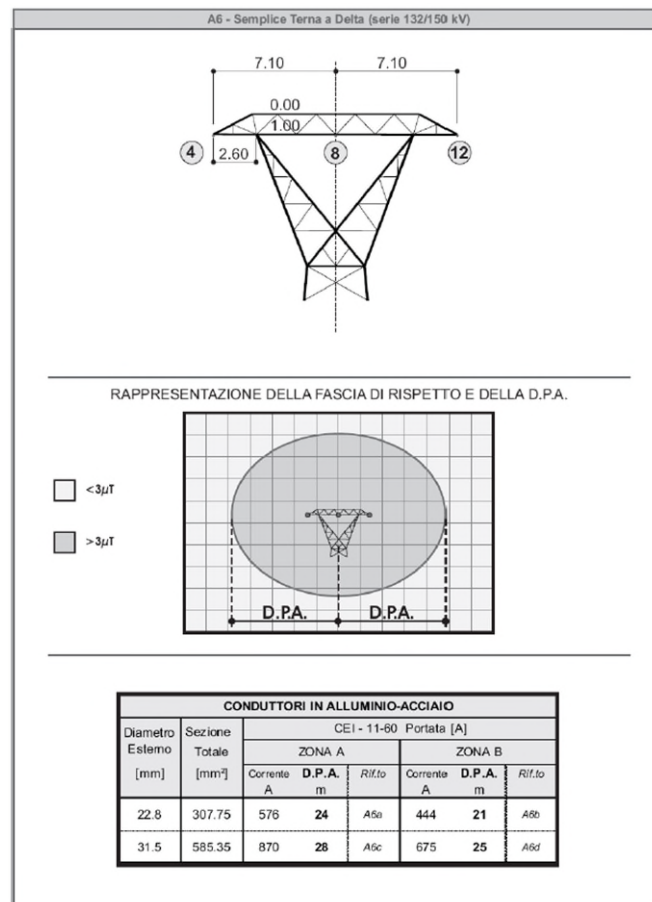


Figura 23 – DPA da linee guida ENEL per traliccio a singola terna a Delta

Per elettrodotto si individuano per entrambi i lati della linea dell'elettrodotto una DPA di 28 m dall'asse del traliccio (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 56 m.

È possibile stimare, dalla rappresentazione grafica contenuta nella scheda, che dal piano orizzontale dei cavi, la DPA ha sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 20m.

Nell'area tra la fermata San Donnino e la fermata Pistoiese si individua la seguente tipologia di tralicci.



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

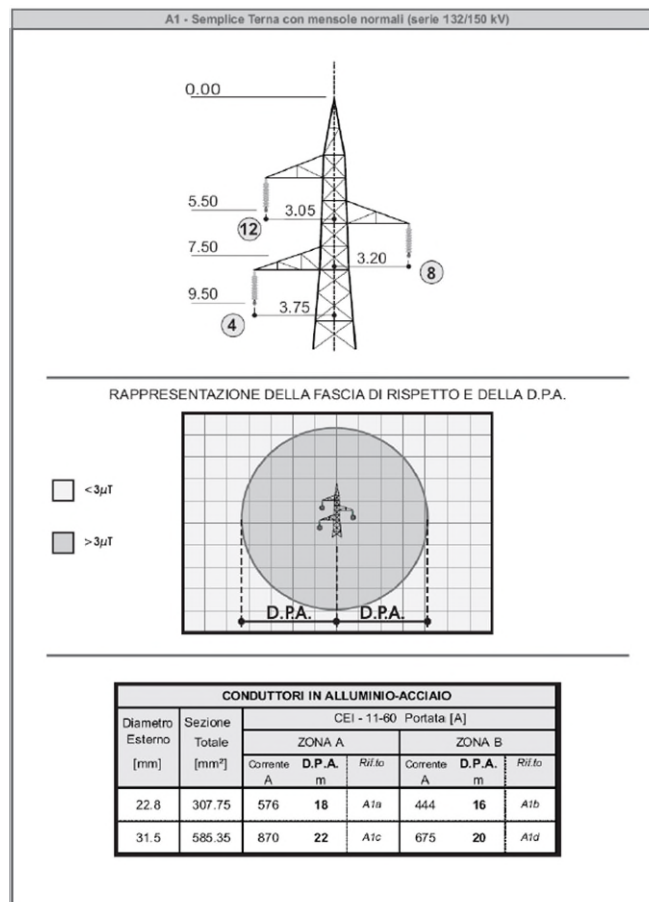


Figura 24 – DPA da linee guida ENEL per traliccio a singola terna a Delta

Per elettrodotto si individuano per entrambi i lati della linea dell'elettrodotto una DPA di 22 m dall'asse del traliccio (considerando la corrente massima di 870A). La fascia complessiva massima risulta di ampiezza di 44 m.

Per elettrodotto nr.337 da 380 kV, in base alle linee guida ARPAT 2008 si individua quanto segue:



GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna	380 kV	Doppia terna		77
Terna	380 kV	Singola terna		51

Figura 25 – DPA da linee guida ARPAT per traliccio a singola terna (evidenziato il traliccio a Singola Terna)

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Per elettrodotto è indicato, per entrambi i lati della linea, una DPA di 51 m dall'asse del traliccio. La fascia complessiva risulta di ampiezza di 102 m.

In base alla Relazione Tecnica di Terna, relativa all'Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga – S.E. Calenzano e opere connesse"<sup>4</sup>, che studia lo stesso elettrodotto nella tratta successiva, è possibile ricavare una stima della DPA per un traliccio a semplice terna da 380 kV rispetto al piano verticale. Come è possibile riscontrare dalla figura successiva, in cui è rappresentata la sezione verticale relativa all'area della DPA, è possibile individuare una ampiezza dai cavi di circa 20 m, lasciando un'area sottostante l'elettrodotto, con un campo magnetico inferiore a  $3\mu\text{T}$ , di circa 10m. In questa valutazione per il traliccio era stata individuata una DPA di 47m anziché di 51m.

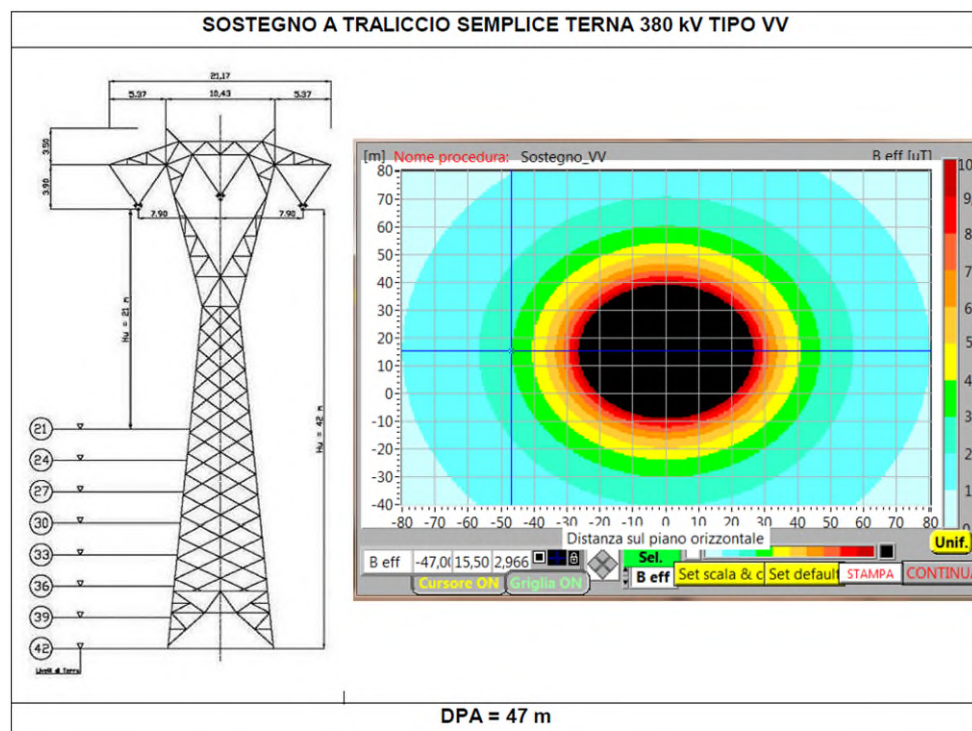


Figura 26 – DPA da Relazione di Terna per elettrodotto analogo e per traliccio a singola terna

L'ampiezza della fascia indicata dalle Linee Guida ARPAT 2008 trova, invece, riscontro all'interno della tavola "Ricognizione dei vincoli interessanti" elaborato L1 del Comune di Campi Bisenzio di agosto 2012.

Per tale motivo e per eseguire una stima cautelativa sarà considerata questa ampiezza, ritenuta la massima. Altresì nello stesso elaborato del Comune di Campi Bisenzio per l'elettrodotto nr. 491 da 132 kV, per il quale dalle linee guida Enel Distribuzione S.p.A. si era individuata per i tralicci siti nell'area del Deposito una DPA di 22m, nella tavola è indicata di 18m con una fascia di 36m anziché 44m.

Volendo eseguire una valutazione conservativa sarà considerato quanto dedotto della linea guida Enel Distribuzione S.p.A.. Si segnala che il tratto dello stesso elettrodotto nella zona della Fermata S. Donnino prevede tralicci di diverso tipo (tipologico delta anziché terna semplice) per cui la DPA di questo tipologico è di 28m, per una corrente massima di 870A, formando una fascia di 56m.

Di seguito lo stralcio della tavola "Ricognizione dei vincoli interessanti" elaborato L1 del Comune di Campi Bisenzio.

<sup>4</sup> Elaborato REDR04002BGL00182-00 disponibile al sito: <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/6948/9825>



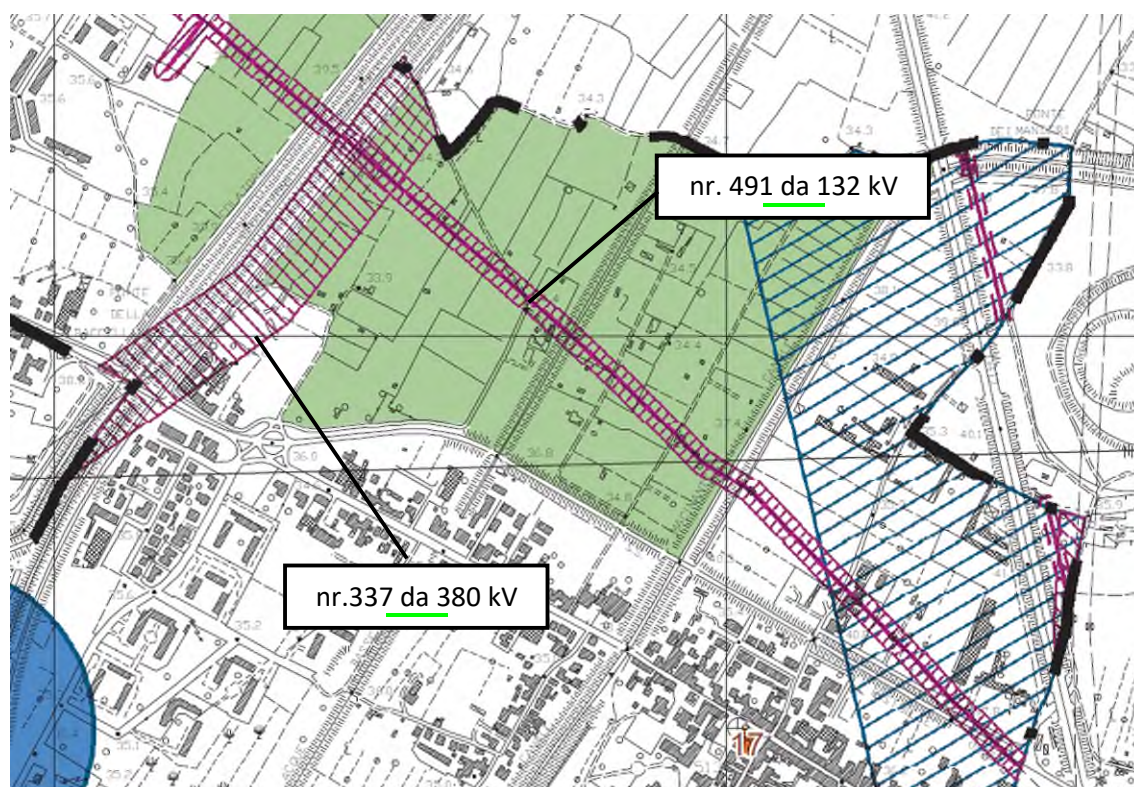


Figura 27 – stralcio della tavola “Ricognizione dei vincoli interessanti” elaborato L1 del Comune di Campi Bisenzio di agosto 2012

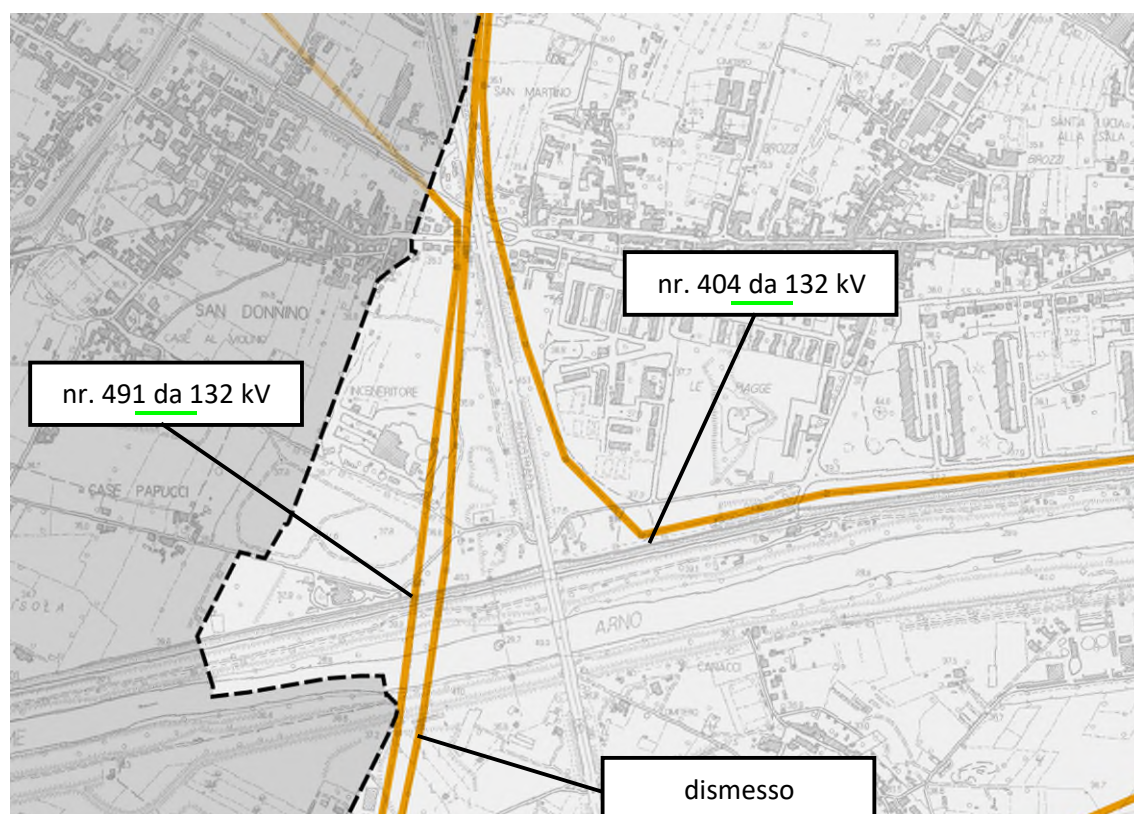
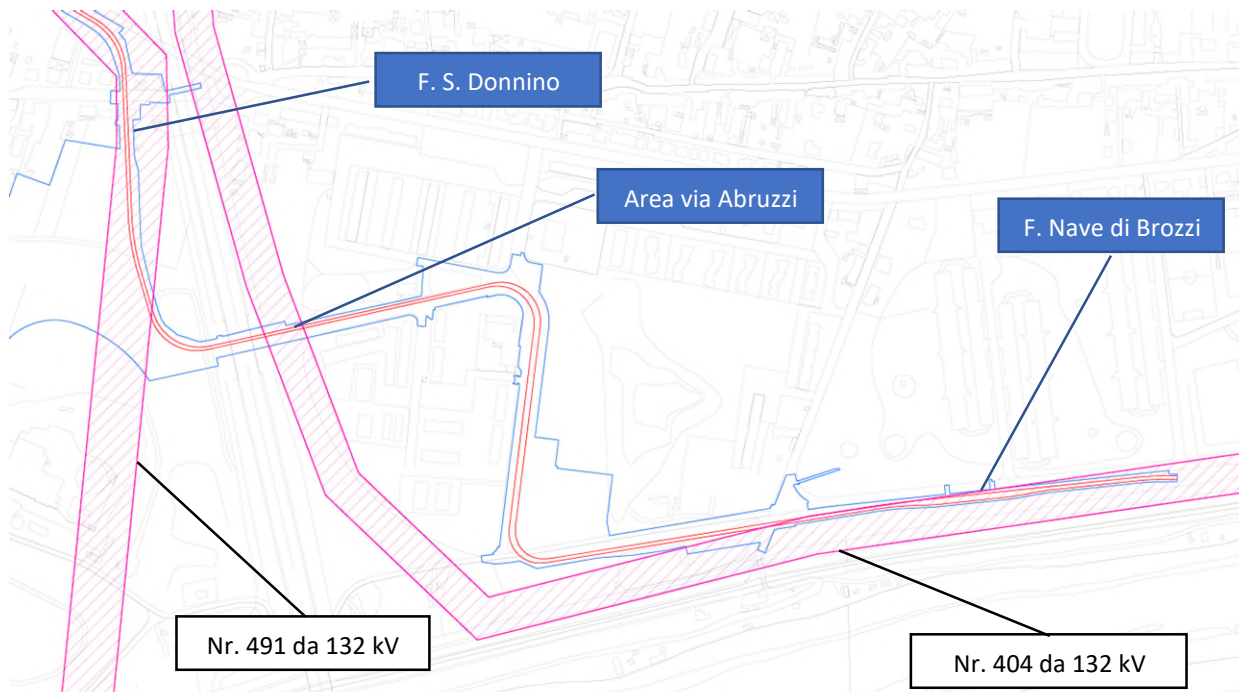


Figura 28 – estratto Vincoli del Regolamento Urbanistico del comune di Firenze

Al fine della valutazione delle DPA in corrispondenza del tracciato di progetto della Linea 4.2 si riportano le DPA valutate in precedenza sulla planimetria con il tracciato tramviario. Dall'analisi di tale sovrapposizione si rilevano le seguenti interferenze:

- a. interferenza elettrodotto nr. 404 da 132 kV con:
  - Fermata Nave di Brozzi;
  - Area via Abruzzi;
- b. interferenza elettrodotto nr. 491 da 132 kV con:
  - Fermata S. Donnino;
  - Deposito;
  - Area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti;
- c. interferenza elettrodotto nr. 337 da 380 kV con:
  - Viadotto su Fosso Reale.



**Figura 29 – interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 404 da 132 kV con Area via Abruzzi, con F. Nave di Brozzi ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Fermata S. Donnino**



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

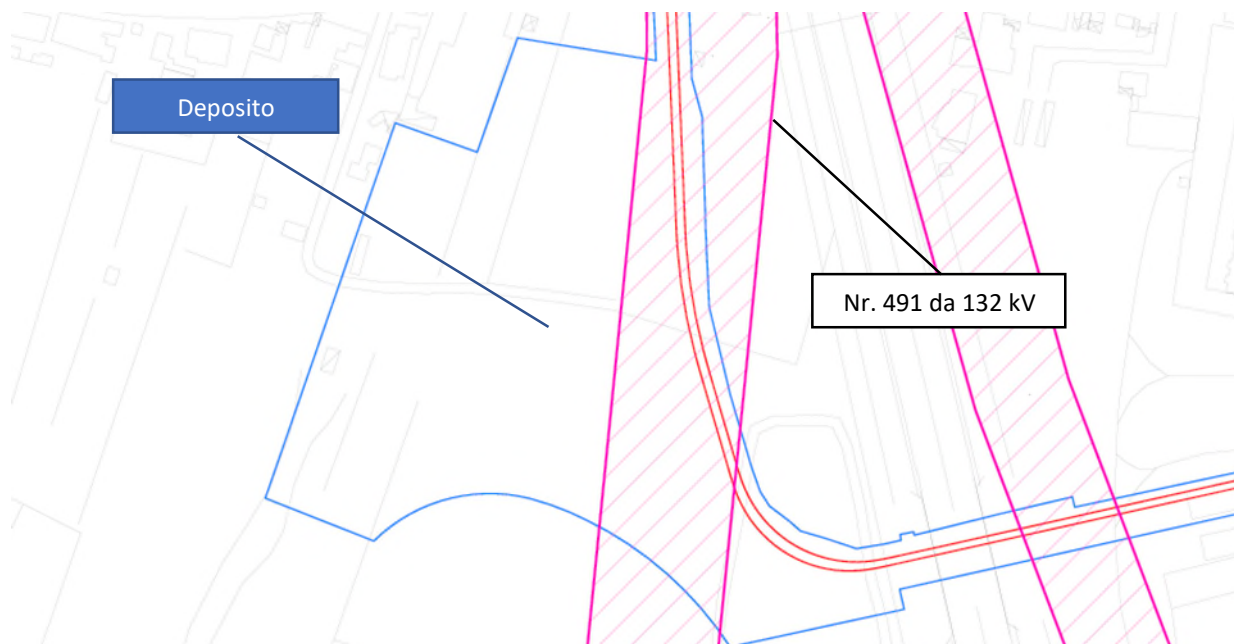


Figura 30 – interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Deposito

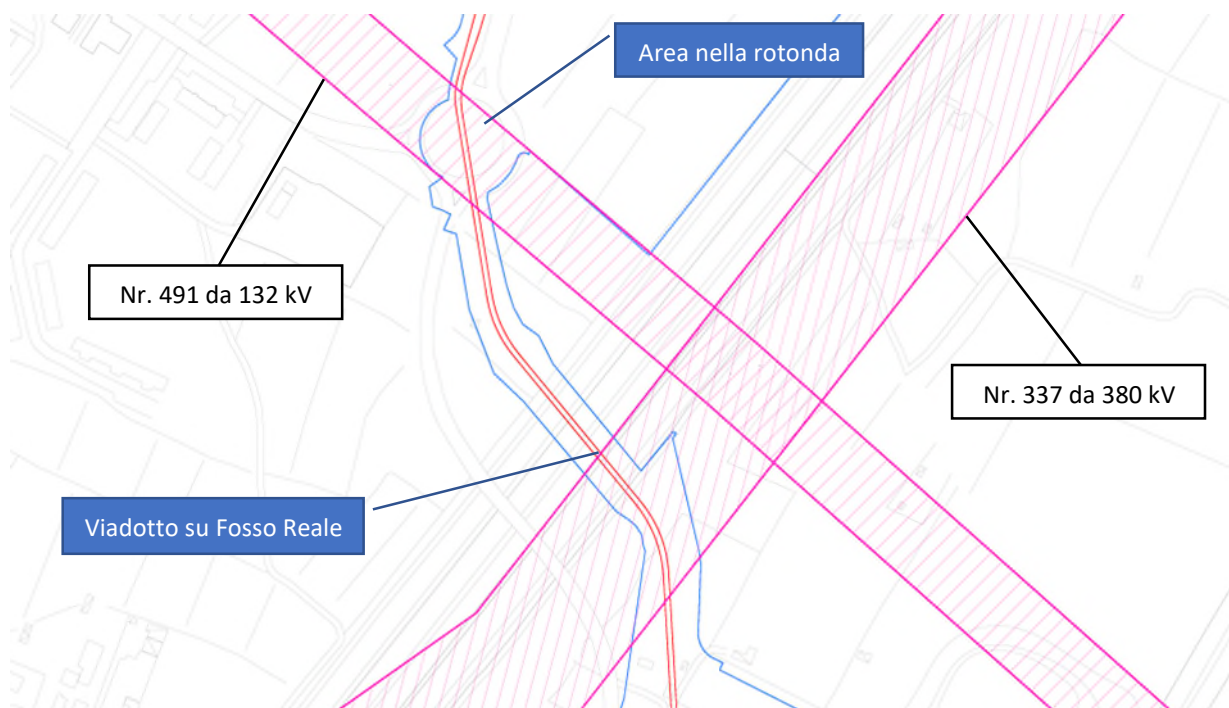


Figura 31 - interferenza linea 4.2 ed elettr. nr. 337 da 380 kV con Viadotto su Fosso Reale ed elettr. nr. 491 da 132 kV con Area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti

Di seguito si analizzano, in dettaglio, le interferenze evidenziate dagli stralci precedenti a livello planimetrico.

#### Fermata Nave di Brozzi

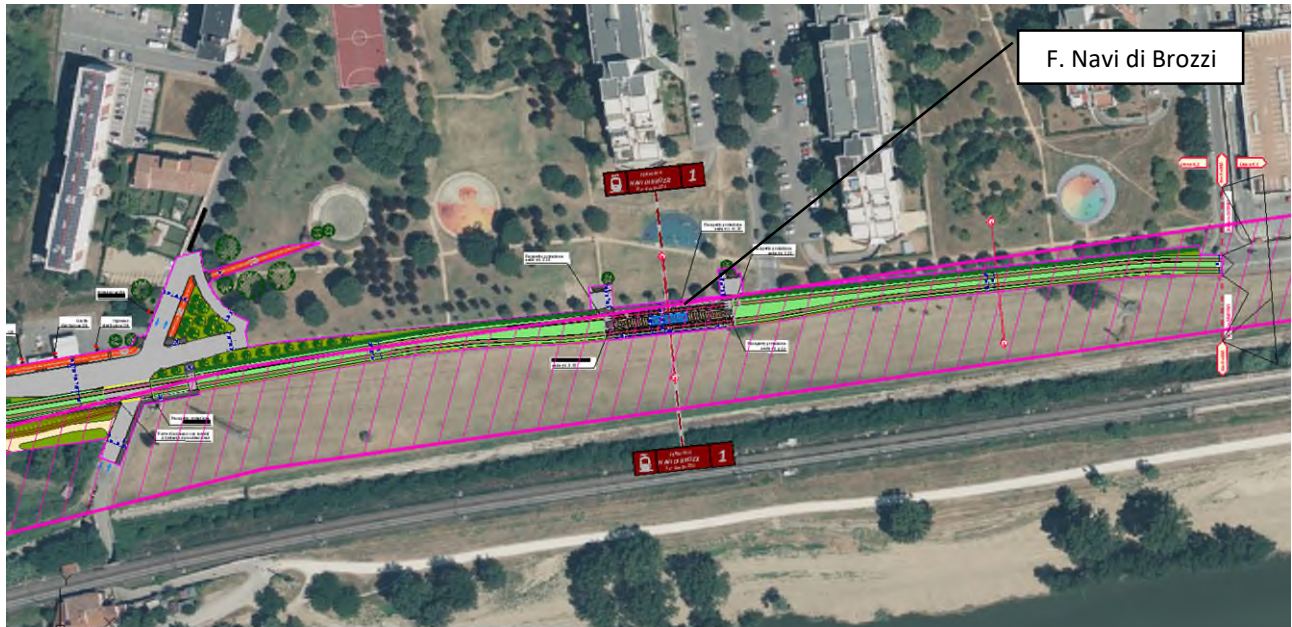


Figura 32 - Fermata Nave di Brozzi

La Fermata Nave di Brozzi è ubicata a filo del perimetro della DPA e ne è compresa per una ampiezza di circa 8 metri.

In tale area si prevede la costruzione della fermata e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La presenza delle persone ha solo carattere temporaneo per l'attesa per la salita e discesa dalla tramvia.

#### Area via Abruzzi

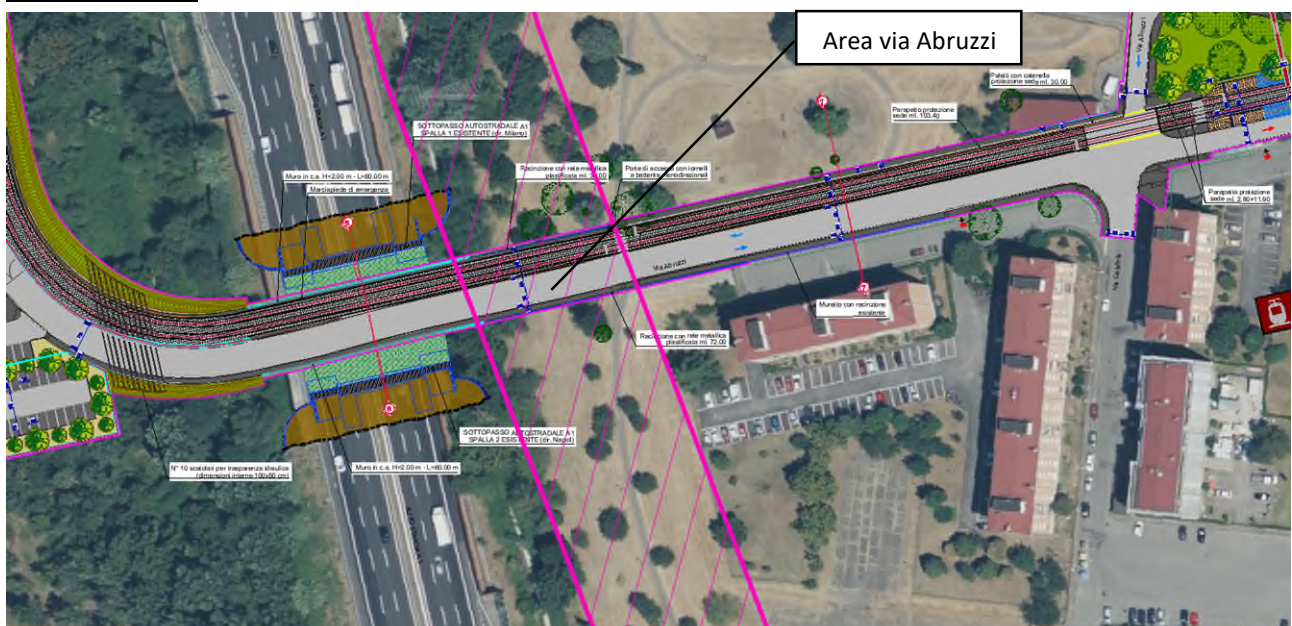
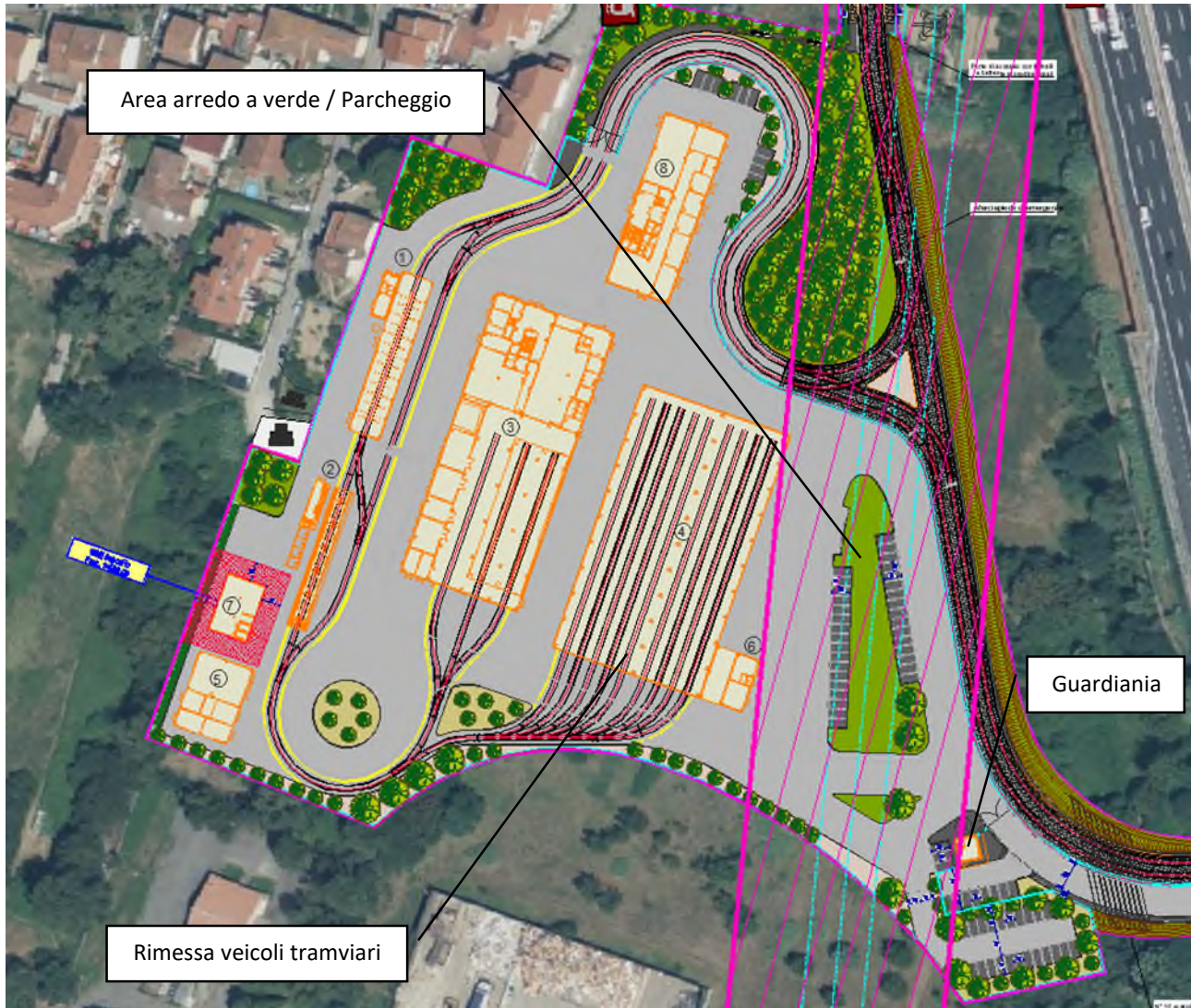


Figura 33 - Area via Abruzzi



L'area su via Abruzzi è compresa per una ampiezza di circa 20 metri all'interno della DPA. In tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza, l'area è destinata al transito del mezzo tramviario.

#### Deposito



**Figura 34 - Deposito**

L'area Deposito è attraversata sul lato est dall'elettrodotto per cui la DPA è in parte ricompresa al suo interno. Da una analisi della planimetria si rileva che la fascia della DPA dell'elettrodotto non comprende edifici, avendo proiezioni a terra al limite del loro perimetro. La DPA sovrasta porzione limitata della linea tramviaria, l'area arredata a verde e parcheggio.

In relazione all'interferenza con la sede tramviaria, l'area verde ed il parcheggio è lecito attendersi in questi luoghi una permanenza delle persone solo di breve durata rendendo compatibile il progetto con la presenza dell'elettrodotto. È opportuno riportare che per questo elettrodotto (Nr. 491 da 132 kV) è previsto un progetto di interramento che risolverebbe ulteriormente l'interferenza che comunque è compatibile con la tipologia di fruizione dei luoghi del deposito.

Al fine di approfondire ulteriormente l'estensione della DPA dell'elettrodotto è stato valutato il calcolo della DPA acquisendo la valutazione della sua ampiezza esatta dal gestore della linea: Terna (*Riferimento*



PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

Trasmissione con oggetto "Linea Tramviaria 4.2 – Tratta Le Piagge-Campi Bisenzio (finanziato dall'Unione Europea - Next Generation EU - Trasporto rapido di massa - Misura M2C2 - Investimento 4.2 del PNRR). CIG 9524700F13 - CUP H91J12000770005. Trasmissione simulazione tridimensionale TERNA della fascia di rispetto relativa all'elettrodotto "Casellina-San Cresci" (Firenze), ai sensi del DPCM 08 luglio 2003; con la quale si trasmetteva la documentazione di cui all'oggetto, richiesta a TERNA in data 22/02/2024 (prot.63557) e ricevuta in data 15/04/2024 (prot.126356). In particolare:

- Nota tecnica di accompagnamento;
- Simulazione tridimensionale della fascia di rispetto della campata interferente con il futuro deposito della linea 4.2: Elettrodotto a 132kV "Casellina – San Cresci" n.491, campata compresa tra i sostegni n°44 e n°45 nel territorio comunale di Firenze (FI).

Di seguito si riporta la sovrapposizione della DPA dell'Elettrodotto a 132kV "Casellina – San Cresci" n.491 trasmessa da TERNA con il progetto del Deposito e l'indicazione delle sezione A-A e B-B.



Figura 35 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERNA



Di seguito si riportano i dettagli della DPA rispetto agli edifici in progetto all'interno dell'area del deposito.

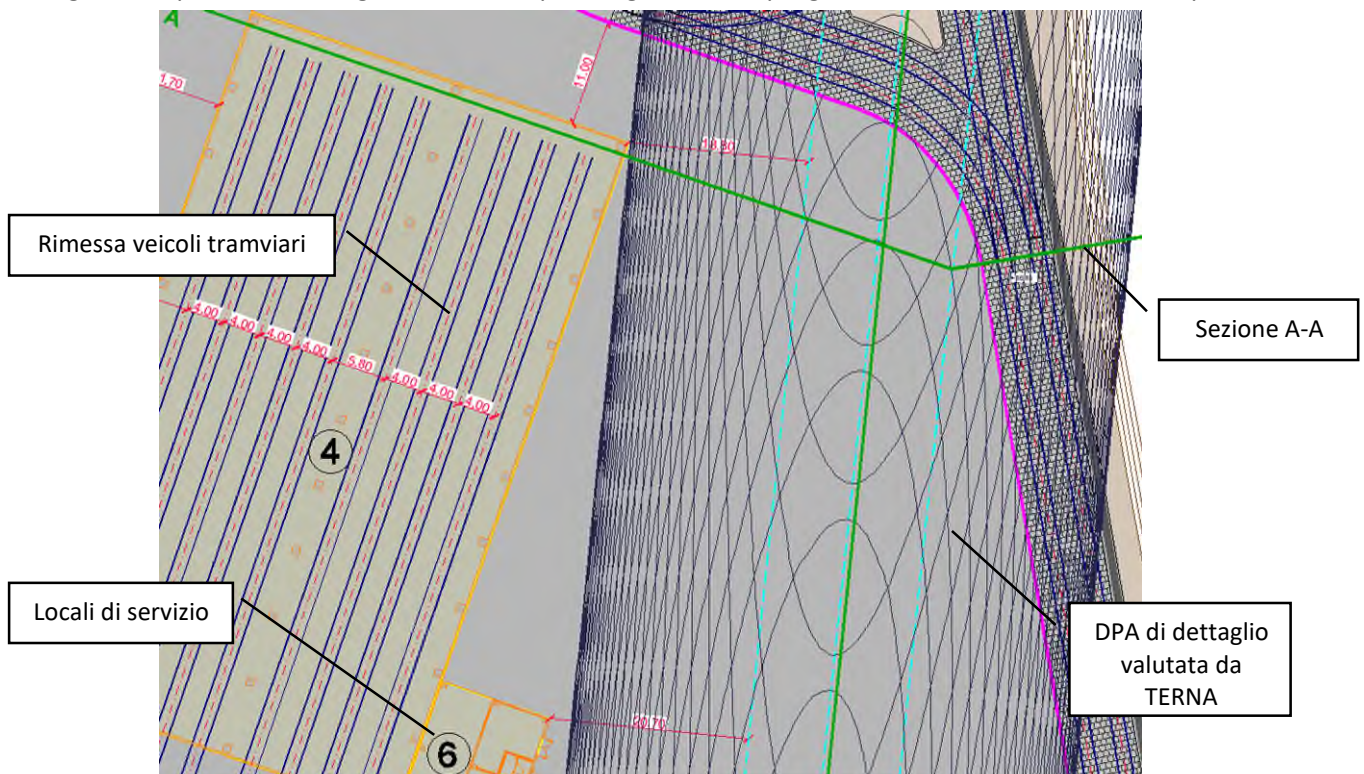


Figura 36 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / lato Locale di servizio e Rimessa veicoli ausiliari

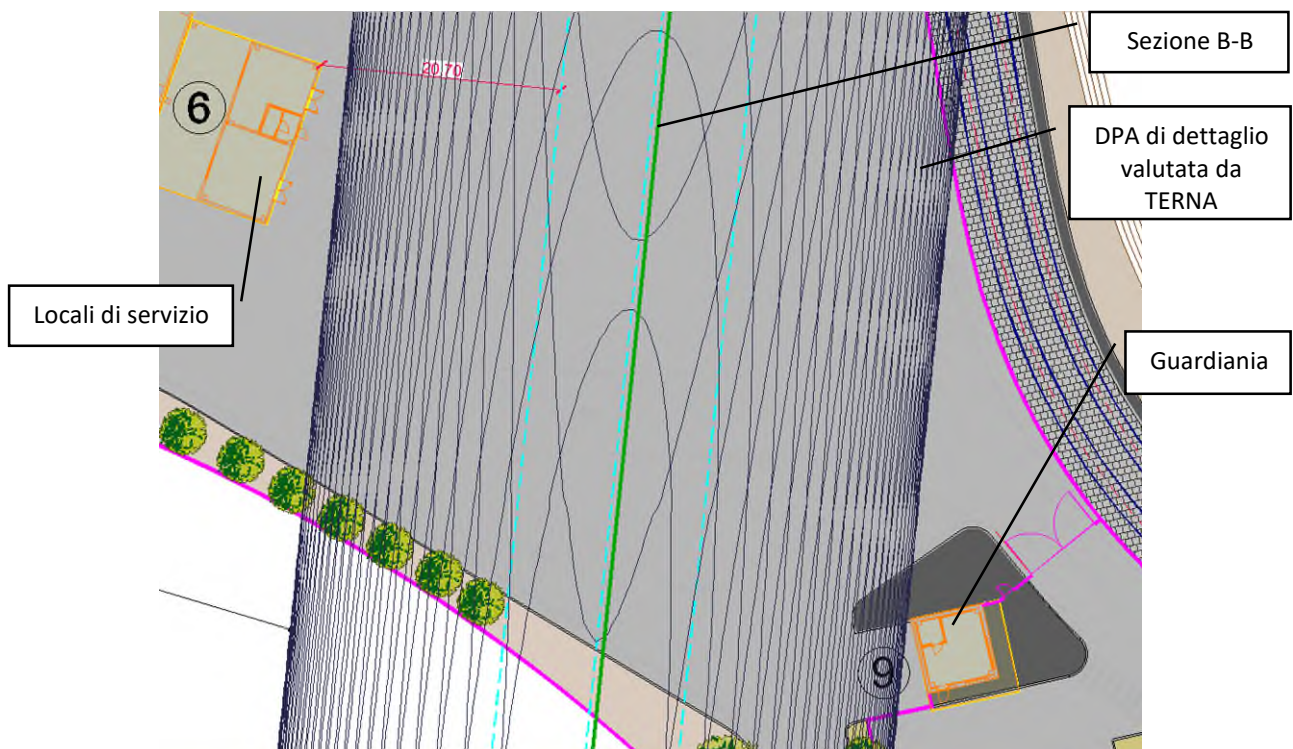


Figura 37 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / lato Guardiania

PARTE GENERALE  
 INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
 Relazione campi elettromagnetici

Di seguito la **sezione A-A**, eseguita di fronte la Rimessa dei Veicoli Tramviari e perpendicolare alla linea Tramviaria.

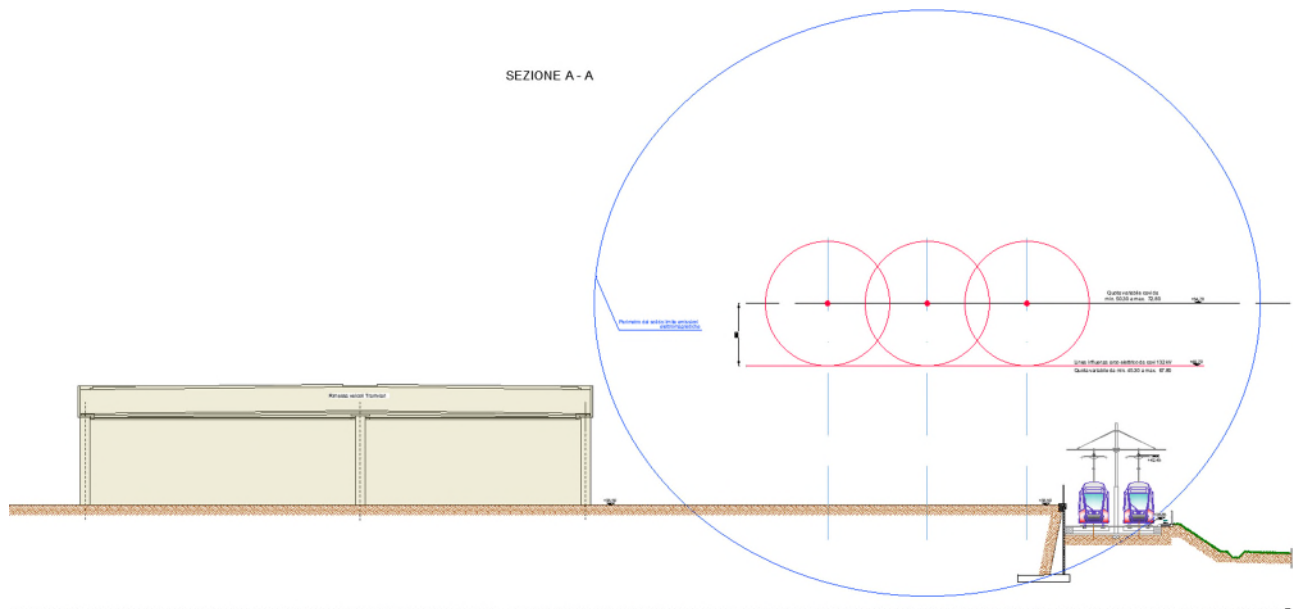


Figura 38 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / SEZ. A-A

Di seguito il dettaglio sul piazzale del deposito e sulla linea tramviaria

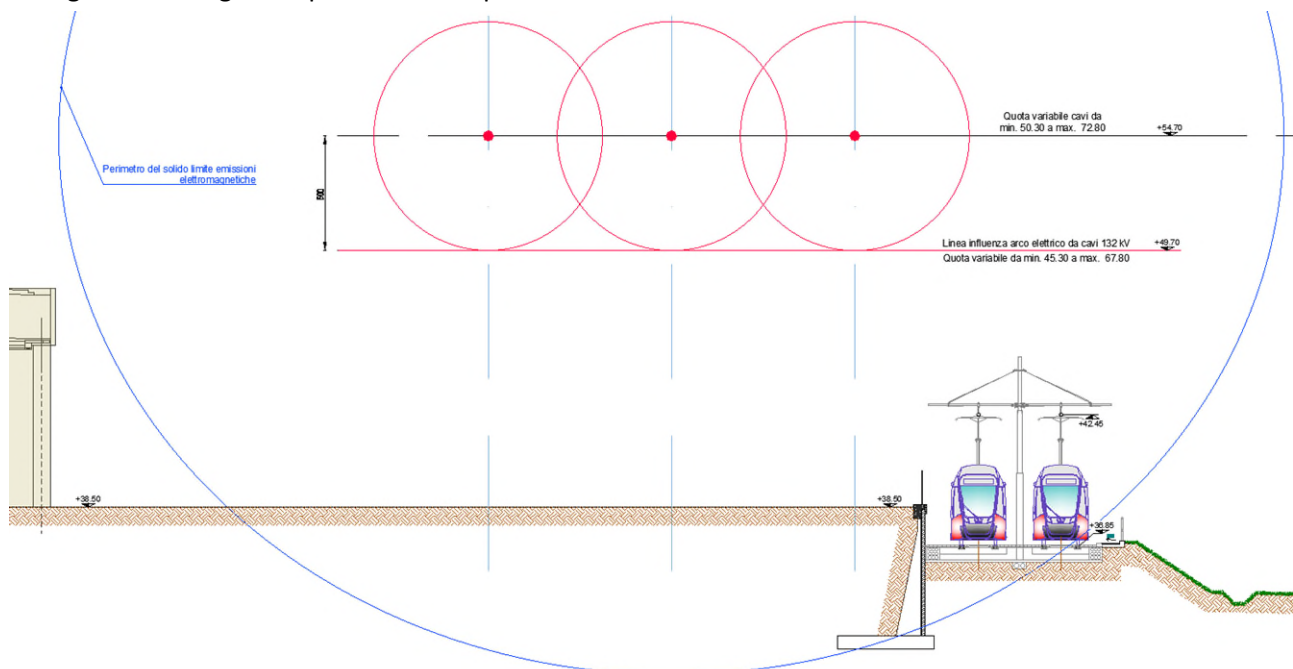


Figura 39 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / SEZ. A-A – dettaglio 1 / PIAZZALE DEL DEPOSITO E LINEA TRAMVIARIA

Di seguito la **sezione B-B**, eseguita sulla sede tramviaria ed il piazzale del deposito, lungo la catenaria della linea AT.

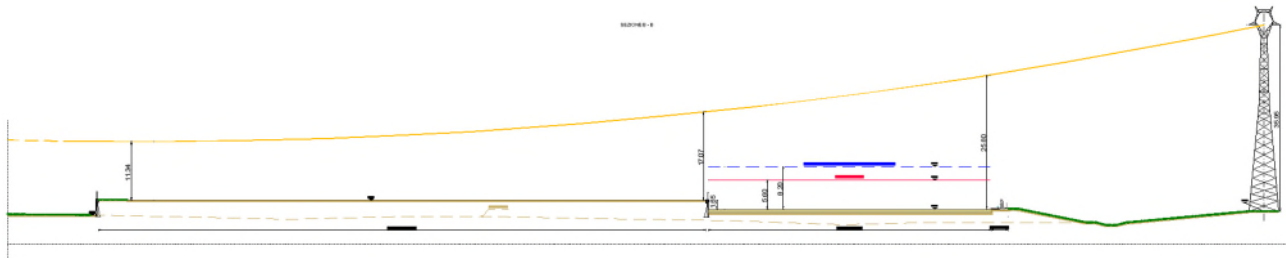


Figura 40 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / SEZ. B-B

Di seguito i dettagli sulla sede tramviaria (Dettaglio 1) e sul piazzale del deposito (Dettaglio 2)

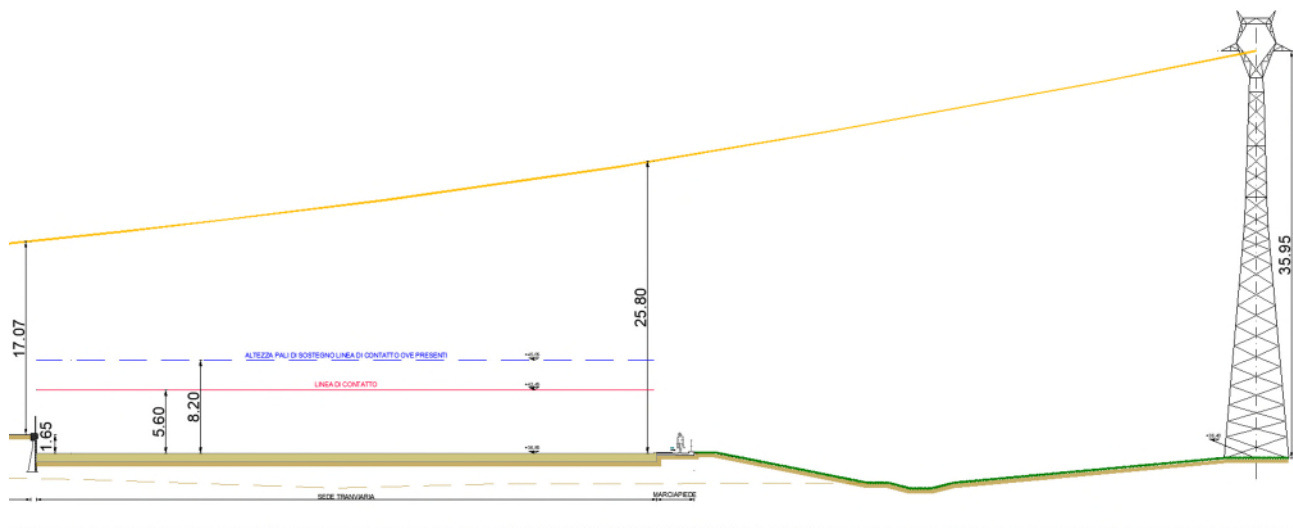


Figura 41 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / SEZ. B-B - dettaglio 1 / SEDE TRAMVIARIA Vs sviluppo della catenaria di AT

SEZIONE B - B

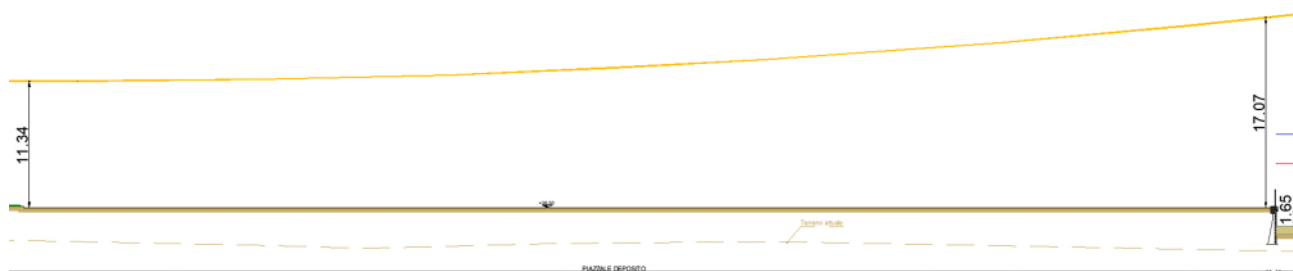


Figura 42 – Deposito – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERN / SEZ. B-B - dettaglio 2 / PIAZZALE DEPOSITO destinato ad area verde e parcheggio Vs sviluppo della catenaria di AT

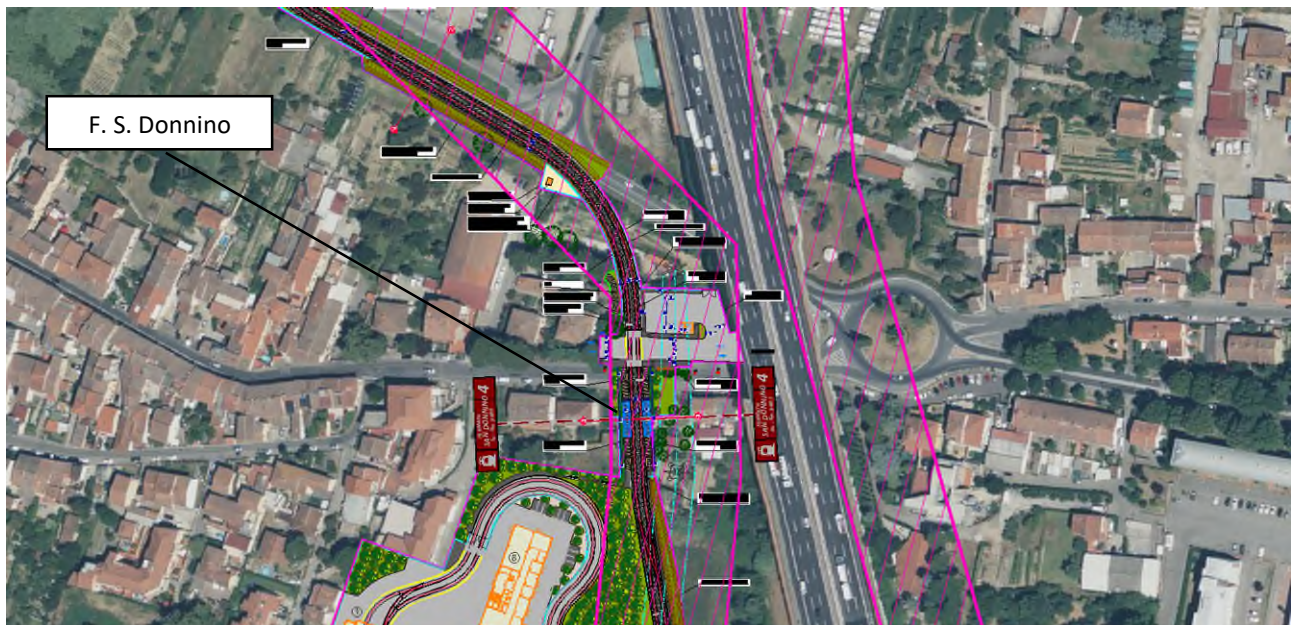


Procedendo alla valutazione dell'interferenza delle DPA con l'area del Deposito si conferma quanto già evidenziato in precedenza dalla valutazione effettuata considerando la potenzialità delle linee AT in base alle Linea Guida pubblicate da Enel Distribuzione S.p.A..

Dalla simulazione del campo magnetico prodotta da Terna, la quale è redatta coi dati reali di impegno dell'elettrodotto, si riscontra che la DPA risulta ridotta rispetto a quanto valutato, non interessa e neppure lambisce il perimetro degli edifici in progetto come è possibile vedere anche dalla sezione verticale A-A. Nell'ambito della DPA non sono quindi riscontrabili luoghi per i quali si prevede una fruizione, da parte di persone, per periodo continuativo e prolungato per più di quattro ore, essendo destinati o ad arredo verde o parcheggio per i fruitori del deposito. Inoltre, dalle sezioni A-A e B-B, si riscontra che la catenaria dell'elettrodotto AT risulta per i punti di minima distanza da suolo o dalla linea aerea della tramvia ad almeno 11 metri; la linea dell'arco elettrico è quantificata in 5m.

Stante quanto rilevato e dall'approfondimento dall'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto, dal gestore della rete individuato in Terna, si rileva la compatibilità del Deposito e delle sue componenti con l'attuale linea dell'elettrodotto ad alta tensione a 132kV "Casellina – San Cresci" n.491

#### Fermata S. Donnino



**Figura 43 – Fermata S. Donnino**

La Fermata S. Donnino è ubicata nel perimetro della DPA e ne è compresa per una ampiezza di circa 20 metri. In tale area si prevede la costruzione della fermata e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La presenza delle persone ha solo carattere temporaneo di attesa per la salita e discesa dalla tramvia. La DPA contiene anche il tracciato tramviario con progressive successive alla fermata S. Donnino, in tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza essendo l'area destinata al transito del mezzo tramviario.

In riferimento al contributo fornito da Terna, citato in precedenza, sulla valutazione esatta della DPA si approfondisce la valutazione analizzando la proiezione della DPA sulla Fermata San Donnino. Di seguito lo stralcio cartografico con la sovrapposizione.

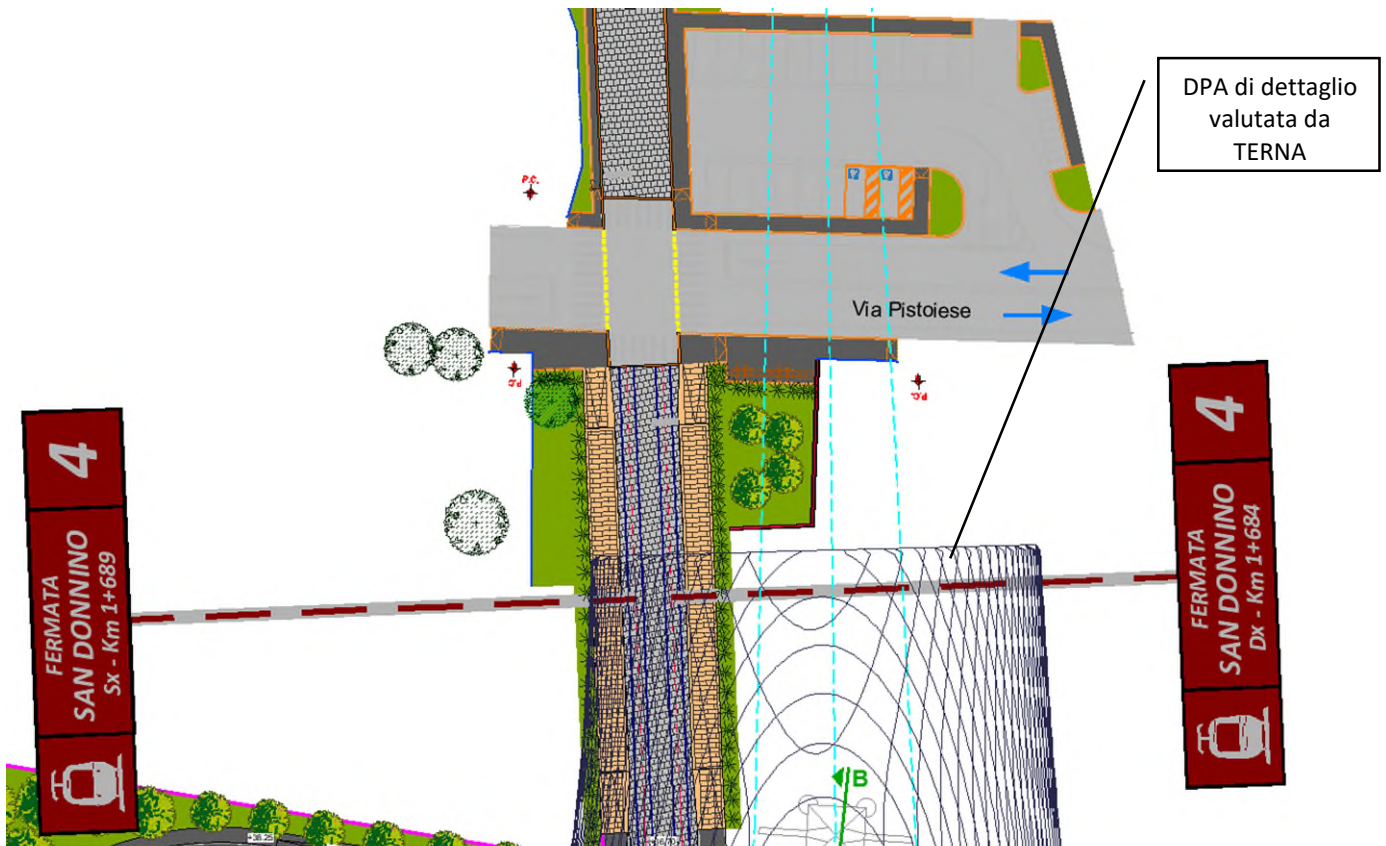


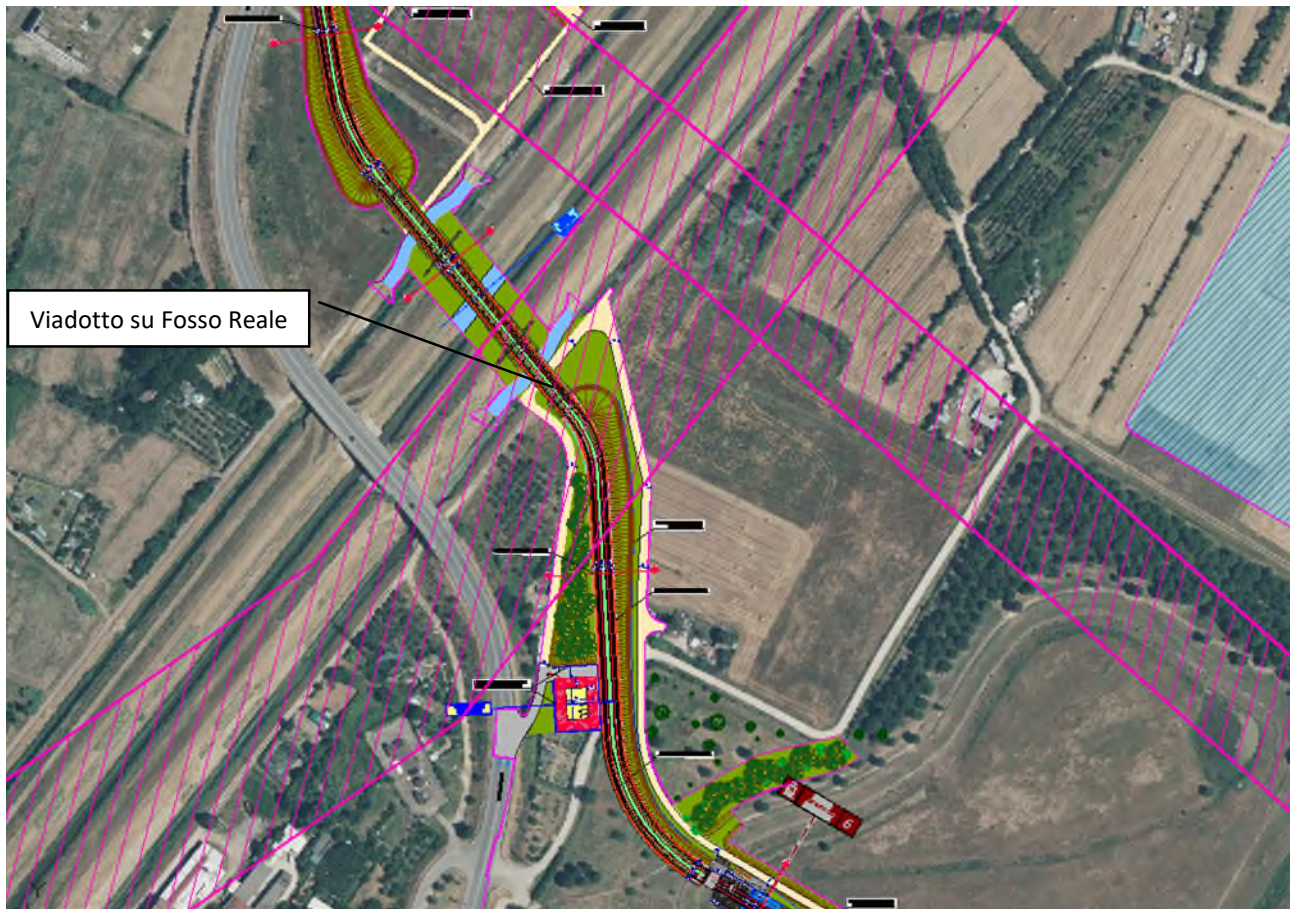
Figura 44 – Fermata S. Donnino – Valutazione della DPA di dettaglio fornita da TERNA

Come è possibile riscontrare si conferma quanto valutato utilizzando le indicazioni delle Linee Guida pubblicate da Enel Distribuzione S.p.A. ossia che la Fermata S. Donnino è ubicata nel perimetro della DPA e ne è compresa per una ampiezza, più ridotta di quanto valutato con la Linea Guida, di 12 metri. Si ricorda che in tale area si prevede la costruzione della fermata e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La presenza delle persone ha solo carattere temporaneo di attesa per la salita e discesa dalla tramvia.

Pertanto, stante quanto rilevato e dall'approfondimento dall'analisi compiuta acquisendo le DPA calcolate, in modo esatto, dal gestore della rete Terna, si rileva la compatibilità della fruizione dei luoghi con l'attuale linea di alta tensione.



Viadotto su Fosso Reale



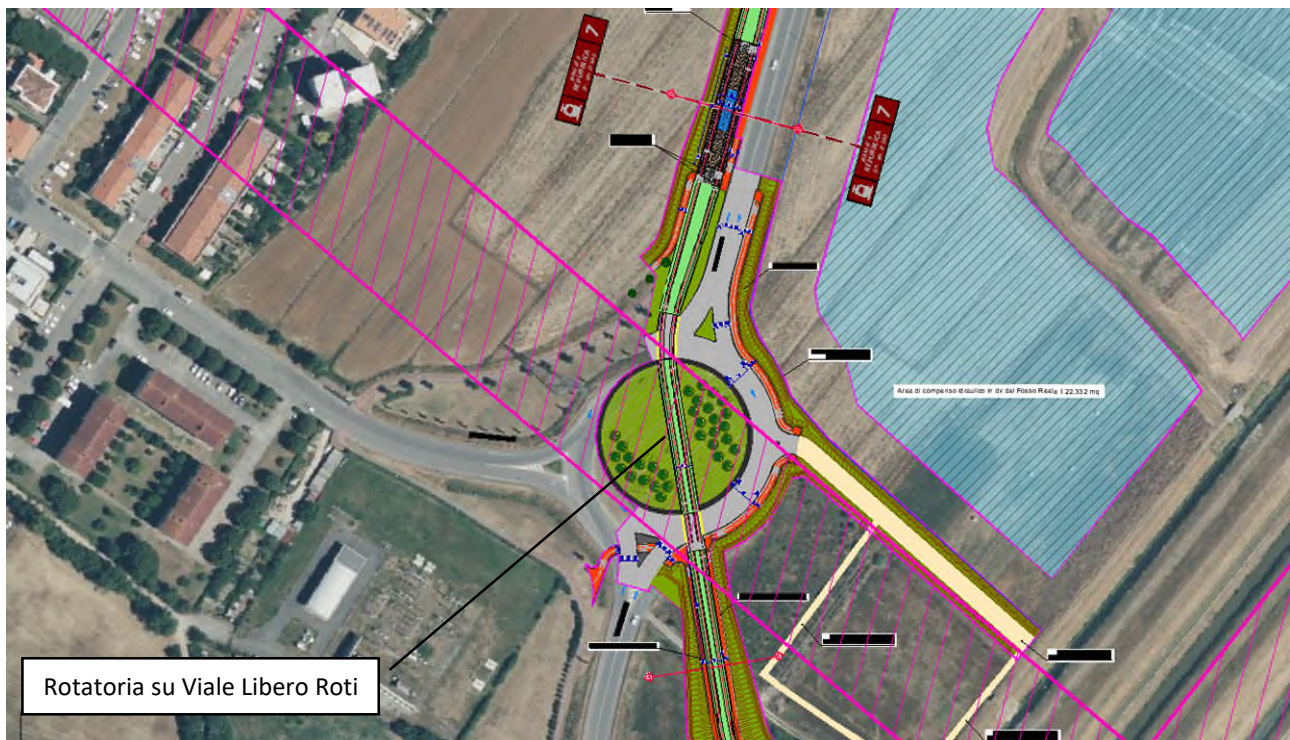
**Figura 45 – Viadotto Fosso Reale**

Il viadotto Fosso Reale è compreso per una ampiezza di circa 30 metri all'interno della fascia della DPA, oltre alla rampa coinvolta per circa 70 metri.

In tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore. La fruizione di questa area è di carattere temporaneo in quanto è destinata al transito del mezzo tramviario e delle persone.



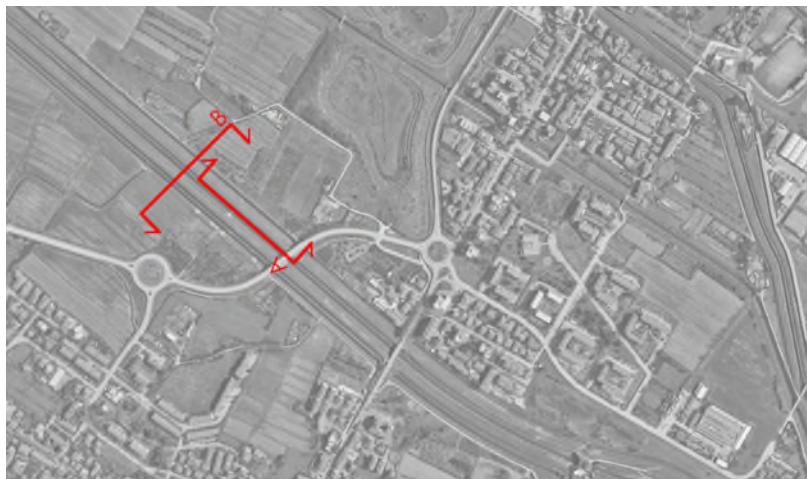
#### Rotonda su Viale Liberto Roti



**Figura 46 - Area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti**

L'area all'interno della rotonda su Viale Liberto Roti è compresa per una ampiezza di circa 50 metri all'interno della fascia della DPA. In tale area non si prevede la costruzione di edifici e non si individuano aree a prolungata permanenza. L'area è destinata al transito del mezzo tramviario.

Poiché dall'analisi planimetrica delle fasce delle DPA con il tracciato della Linea 4.2 emergono delle sovrapposizioni planimetriche si procede con una analisi delle possibili sovrapposizioni sulle sezioni verticali. Di seguito si riporta l'inserimento del progetto tramviario in sezioni verticali individuate nelle zone di interesse di possibili interferenza con gli elettrodotti. Dalle sezioni è possibile avere una valutazione delle distanze dei cavi degli elettrodotti con l'opera in progetto e della valutazione del valore di campo magnetico presente.



**Figura 47 – Sezioni di valutazione della possibile interferenza tra elettrodotti e tracciato tramviario**





Figura 48 – Sezioni di valutazione della possibile interferenza tra elettrodotti e tracciato tramviario

#### Intersezione con Viadotto Fosso Reale

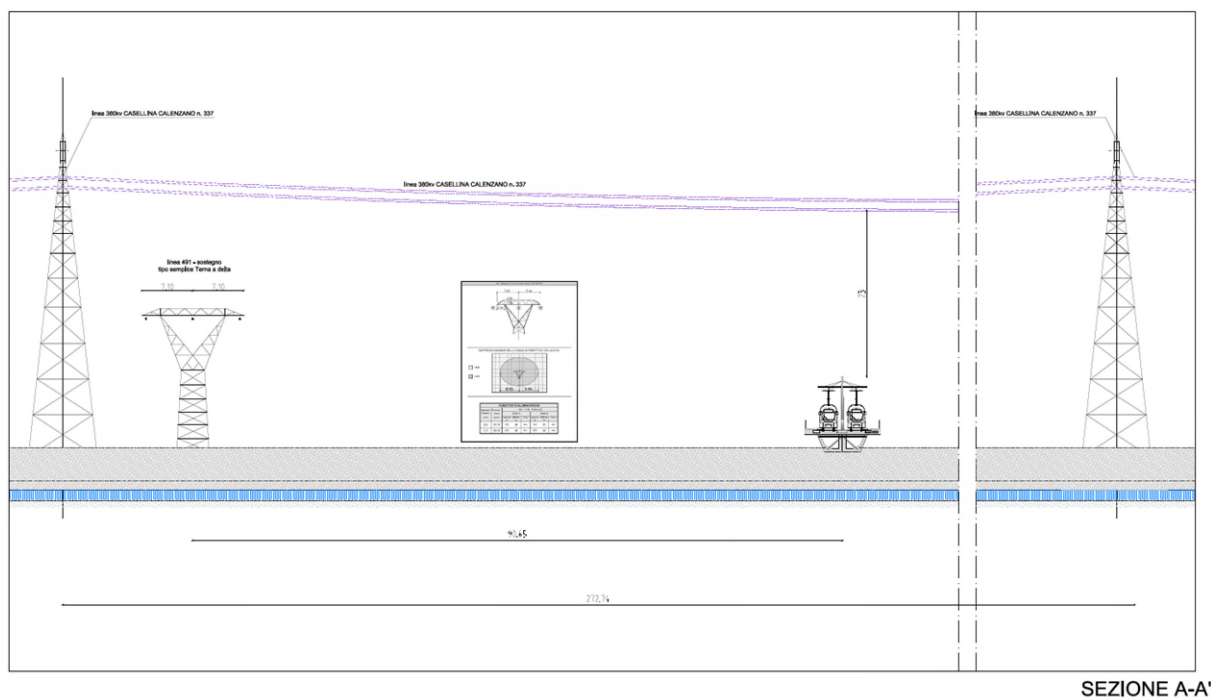
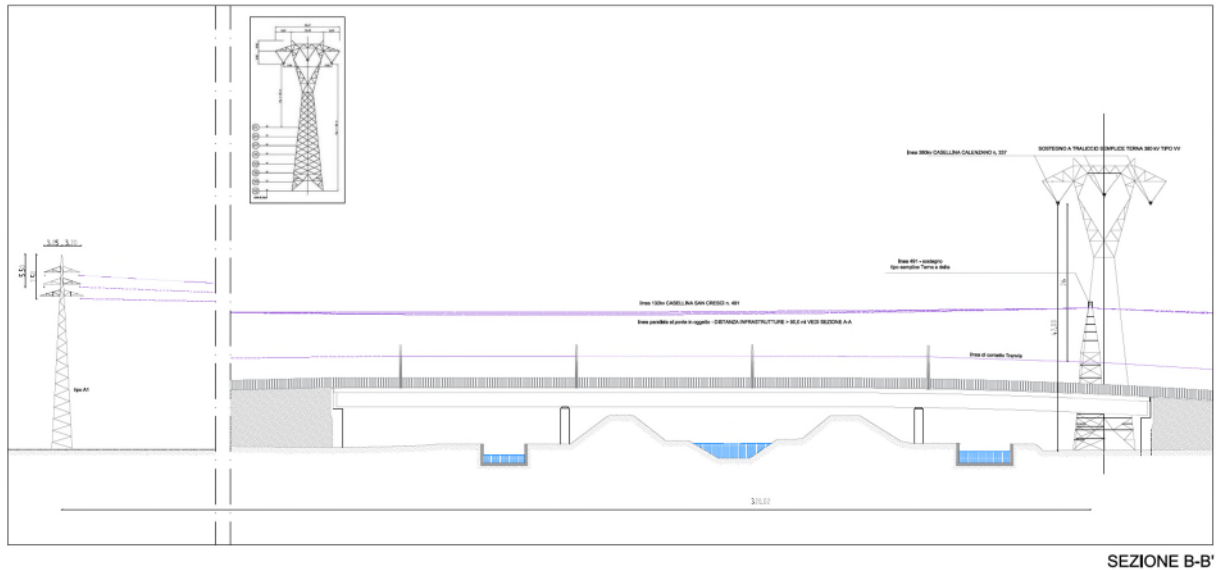


Figura 49 – Sezione A-A' – intersezione con Viadotto Fosso Reale

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

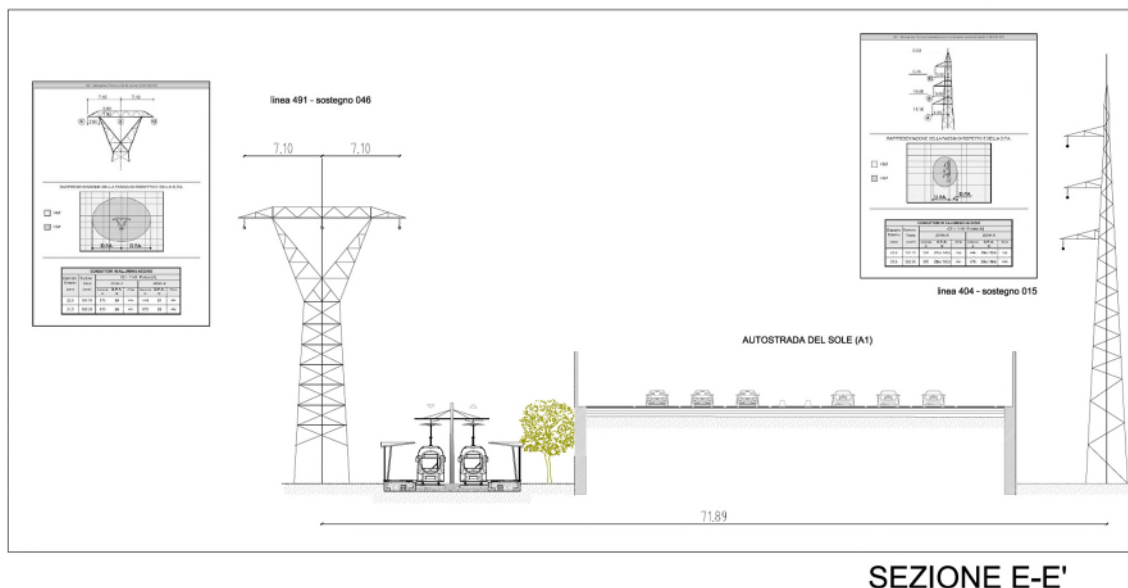


**Figura 50 – Sezione B-B' - intersezione con Viadotto Fosso Reale**

Sul viadotto Fosso Reale la distanza tra cavi dell'elettrodotto nr.337 da 380 kV e la cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è circa 23m. A tale distanza, in base alla Relazione Tecnica di Terna per un elettrodotto analogo, si individua un valore di campo magnetici inferiore a  $10\mu\text{T}$ . Considerando una distanza di circa 30m, la quale dovrebbe corrispondere alla distanza della posizione del passeggero a bordo della tramvia, si stima un valore di campo magnetico inferiore a  $5\mu\text{T}$ . Tale valore è inteso nel punto sulla perpendicolare del cavo. Alla distanza in piano di 25 m, precedente e successivo a tale punto di valore massimo, si ha un campo magnetico inferiore a  $3\mu\text{T}$ .

In base a quanto evidenziato la fruizione della linea tramviaria è compatibile con la presenza dell'elettrodotto essendo un luogo con presenza di persone pari alla durata del transito tramviario.

### Intersezione con Fermata S. Donnino



**Figura 51 - Sezione E-E' - intersezione con Fermata Donnino**

Sulla Fermata S. Donnino la distanza tra cavi dell'elettrodotto nr. 491 da 132 kV e la cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è circa 15m in verticale e 10 m sul piano orizzontale dal traliccio. A tale distanza, in base alla indicazione della guida di Enel Distribuzione S.p.A. e considerando la massima corrente per la tipologia di traliccio, si individua un valore di campo magnetici prossimo a  $3\mu\text{T}$ . Considerando una distanza maggiore, la quale dovrebbe corrispondere alla distanza della posizione del passeggero a bordo della tramvia e sulla piazzola di sosta della fermata S. Donnino, si stima un valore di campo magnetico inferiore a  $3\mu\text{T}$ .

In base a quanto evidenziato la fruizione della linea tramviaria è compatibile con la presenza dell'elettrodotto essendo un luogo con presenza di persone pari alla durata del transito tramviario e sulla fermata al tempo di attesa per la salita sul tram.

### Intersezione con Deposito

Per la valutazione del Deposito, come evidenziato in precedenza, nell'area della DPA non si riscontrano edifici o luoghi esterni con una fruizione prolungata oltre le quattro ore. Pertanto, il progetto del deposito è compatibile con la presenza dell'elettrodotto nr. 491 da 132 kV. È opportuno riportare che per questo elettrodotto è previsto un progetto di interramento.

### Intersezione con Fermata Nave di Brozzi e area via Abruzzi

Per la valutazione della Fermata Nave di Brozzi si farà riferimento alla sezione della Fermata di S. Donnino, dove è riportato anche il traliccio analogo a quello presente nei pressi della Fermata Nave di Brozzi (traliccio a bandiera). Si stima, in base alla valutazione della posizione sul piano verticale del traliccio e della Fermata, che risulta ubicata in un'area compresa nella DPA con un campo magnetico inferiore a  $3\mu\text{T}$ . La Fermata Nave di Brozzi è infatti a circa 10 m dall'asse del traliccio (la fermata è compresa per 8 m dal perimetro della DPA) e dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore, collegato al traliccio, la DPA ha, sul piano verticale verso il basso, un'ampiezza di 20m in corrispondenza della fermata. La cima del palo di supporto della linea elettrica della tramviaria è a circa 20m dall'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore. Per cui per l'area della fermata si stima un campo magnetico inferiore a  $3\mu\text{T}$ .

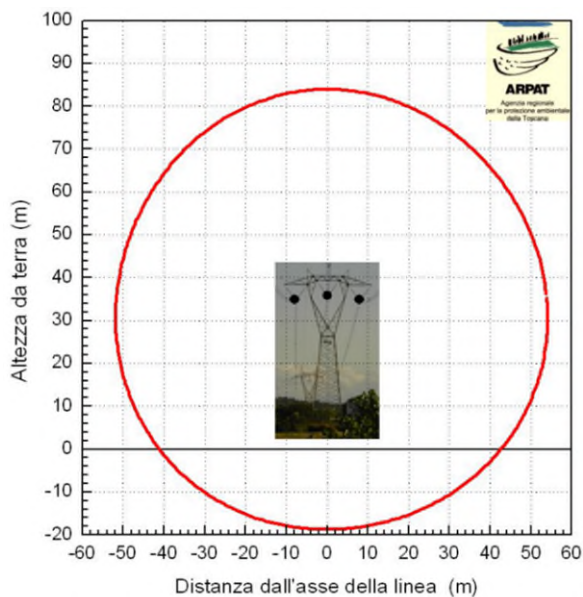
Per l'area di via Abruzzi si riscontra che sarà presente un punto sul piano di campagna con un probabile valore prossimo a  $3\mu\text{T}$  in quanto si stima una distanza, nella sezione verticale, di 25 m dal piano campagna all'estradosso del supporto di sostegno del cavo inferiore. Spostandosi in un punto precedente o successivo a questo che dovrebbe individuare il massimo si stimano valori inferiori a  $3\mu\text{T}$ .

### Sintesi

In conclusione, in base all'analisi eseguita dalle interferenze evidenziate, per la linea tramviaria non si individuano aree a prolungata permanenza di oltre quattro ore nelle fasce della DPA degli elettrodotti. In merito al deposito non si riscontrano edifici o luoghi esterni con una fruizione di oltre quattro ore continuative all'interno della fascia della DPA dell'elettrodotto presente.

Stante comunque quanto rilevato nella presente valutazione, la quale ha tenuto un approccio cautelativo individuando le DPA che potrebbero generare gli elettrodotti analizzati ipotizzati alimentati dalla massima corrente ed avendo avuto riscontro dalla valutazione della DPA esatta da parte del gestore, Terna, per l'elettrodotto ad alta tensione a 132kV "Casellina – San Cresci" n.491, la quale ha fornito valori confrontabili o ridotti rispetto a quelli ottenuti sulla base della valutazione condotta con la Linea Guida pubblicata da Enel Distribuzione S.p.A., si può estendere questa considerazione anche agli elettrodotti sui quali non è stato approfondita l'estensione della DPA con il calcolo esatto di Terna, confermando le valutazioni compiute come cautelative e concludendo che le opere in progetto sono compatibili con gli elettrodotti in AT analizzati.

Per completezza della valutazione di seguito si riporta l'esempio di un calcolo esatto tratto dalla linea guida



ARPAT 204-2008. L'esempio di calcolo esatto della fascia di rispetto è relativo ad una linea a 380 kV con tre conduttori per fase. Il grafico rappresenta la linea isolivello a  $3\mu\text{T}$  intorno ai conduttori, calcolata su un piano verticale perpendicolare all'asse della linea. Si precisa altresì che dovranno essere acquisite le quote dell'elettrodotto dal gestore, TERNA, per la valutazione in quanto i cavi presentano quote variabili sulla quota del terreno in funzione della quota della base dei tralicci e della distanza della sezione del cavo rispetto al traliccio stesso. Il corridoio bidimensionale individuato dalla DPA e le aree individuate dalle APA per i casi complessi non tengono conto dell'altezza da terra dei conduttori dell'elettrodotto. Se tale altezza è maggiore della DPA fornita dal gestore, l'estensione a terra della fascia di rispetto si riduce ed è, quindi, possibile edificare a distanze dal tracciato, sul piano

orizzontale, inferiori alla DPA, avvicinandosi alla linea elettrica<sup>5</sup>. Un caso tipico è quello della campata a dislivello.

<sup>5</sup> ARPAT, Nuova edificazione in prossimità di un elettrodotto esistente "Guida pratica per le informazioni sulle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

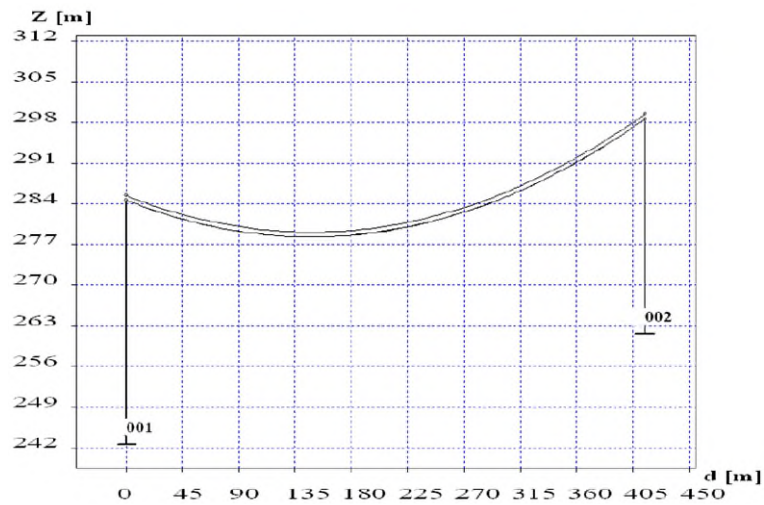


Figura 52 - Esempio di profilo di una campata a dislivello: i sostegni della campata si trovano a quote s.l.m. diverse. In questa situazione aumenta l'altezza da terra dei conduttori della linea

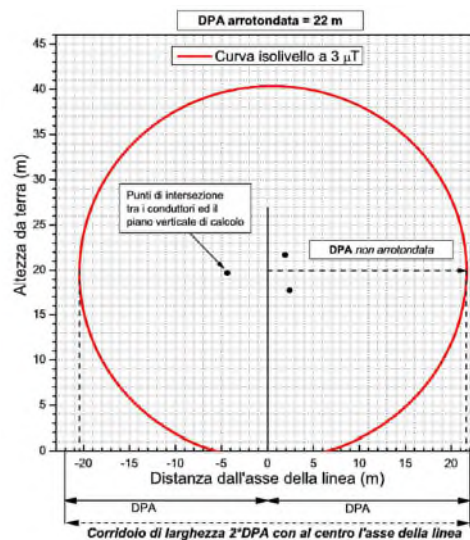
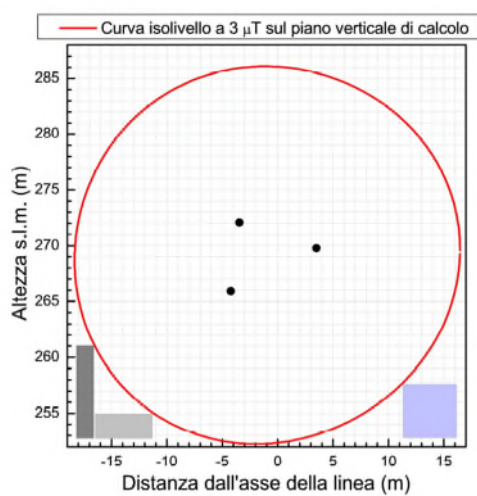


Figura 53 - Esempio per una linea a 132 kV di calcolo esatto della fascia di rispetto (in rosso) su una sezione verticale ortogonale al tracciato della linea. "Cerchio" a 3  $\mu$ T

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici



**Figura 54 - Esempio di edifici in sezione compatibili per altezza e distanza con la fascia di rispetto della linea e, quindi, edificabili**



#### 1.4 ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI IN ALTA FREQUENZA

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle analisi svolte per valutare l'impatto elettromagnetico sul territorio, dovuti agli impianti di futura installazione in alta frequenza.

I calcoli previsionali per valutare i livelli di campo elettrico sono stati svolti sulla base dei dati tecnici degli impianti disponibili. Il progetto dell'impianto Radio Terra-Treno prevede l'espansione della rete TETRA già esistente. Si evidenzia che, per i sistemi di Telecomunicazioni e di Telecomando della Linea 4.2, sono state adottate soluzioni tecniche analoghe a quanto già progettato e realizzato per le Linee 1, 2 e 3 del Sistema Tramviario Fiorentino, secondo il criterio della continuità tecnologica.

Il Progetto dell'impianto Radio Terra-Treno per la Linee 4.2 prevede l'espansione della rete TETRA già realizzata per le Linee 1, 2 e 3, mediante l'installazione di n. 2 nuove Stazioni Radio Base (SRB) al servizio della Linea 4.2. Le nuove Stazioni Radio Base sono state previste, in prima analisi, presso la SSE Campania e la SSE Palagetta. Le corrispondenti antenne saranno installate su pali eretti nelle vicinanze delle stesse SSE.

Il sistema di comunicazione è composto dai seguenti elementi:

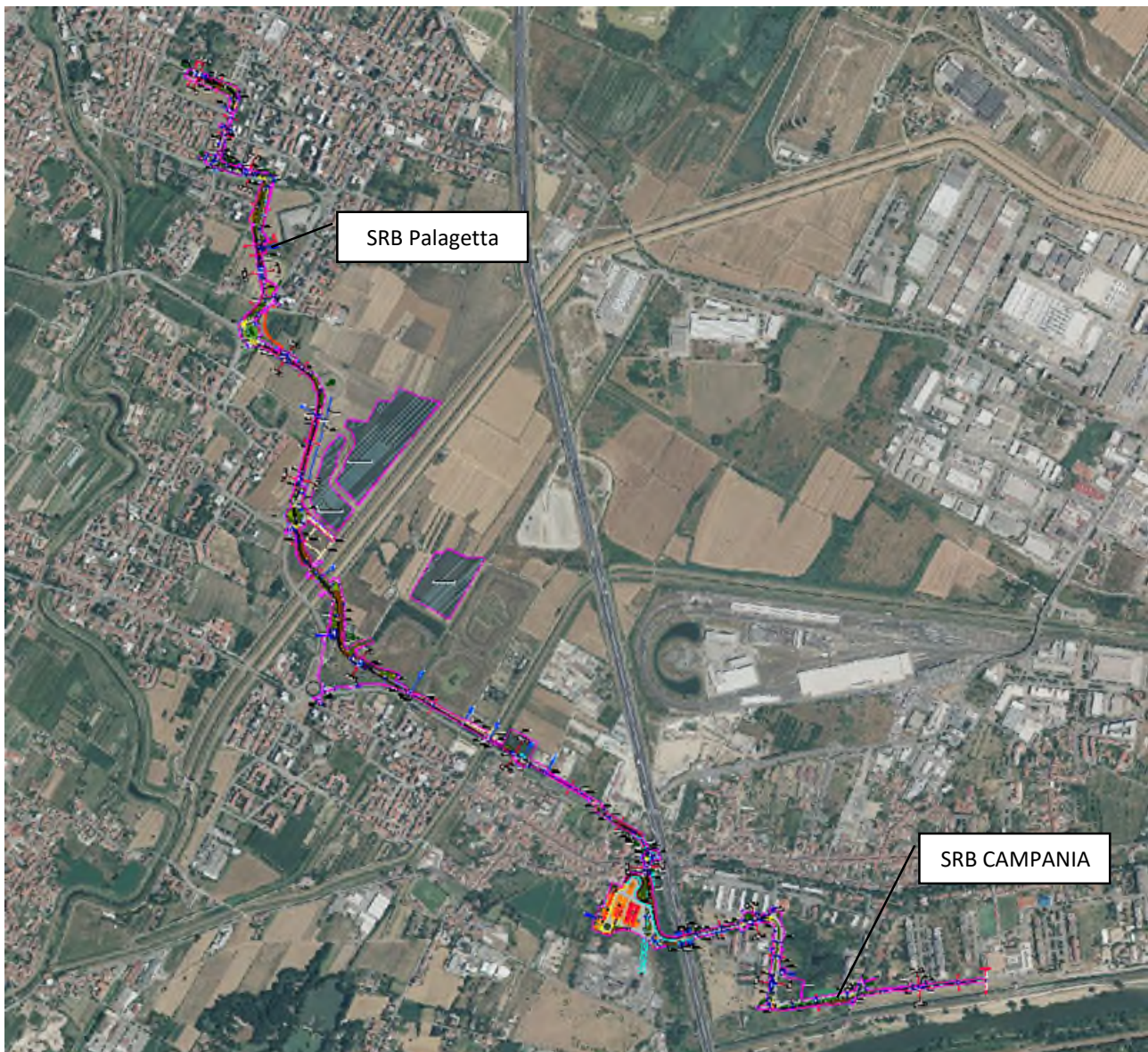
- centrale di Commutazione e controllo Tetra ubicato al PCC;
- nr. 2 Stazioni radio base (SRB) disposte lungo il tracciato (presso SSE Campania e SSE Palagetta). In ogni impianto SRB saranno presenti nr. 2 antenne direzionali;
- sistema di supervisione NMS (network management system);
- postazioni operatore radio.

Si riportano di seguito le informazioni relative alle antenne di nuova installazione:

Sito	SRB Campania	SRB Palagetta
Latitudine (WGS84)	43° 47' 21,10" N	43° 48' 47,76" N
Longitudine (WGS84)	11° 09' 48,53" E	11° 08' 29,76" E
Modello Antenna	Kathrein 741516	Kathrein 741516
Potenza al connettore d'antenna	44 dBm	44 dBm
Potenza di ingresso al connettore	25 W ogni antenna	25 W ogni antenna
Guadagno Antenna	14,5 dBi	14,5 dBi
Frequenza (range)	390 MHz – 450 MHz	390 MHz – 450 MHz
Altezza Base Antenne	25,5m	25,5m
Azimuth Settore 1	80°	170°
Azimuth Settore 2	315°	350°
Tilt elettrico	0°	0°
Tilt meccanico	2° (all'attivazione)	2° (all'attivazione)

**Tabella 18 – caratteristiche SRB di progetto**

Di seguito si evidenzia per la linea 4.2, all'interno dell'ortofoto, i punti di posizionamento delle due Antenne SRB CAMPANIA e SRB PALAGETTA previste nel progetto preliminare.



**Figura 55 – Ubicazione delle SRB di progetto**

I diagrammi di radiazione orizzontale e verticale, le specifiche geometriche delle antenne trasmettenti presenti sui diversi tralicci censiti sono ricavati dai dati (pattern) forniti dalle rispettive case produttrici allegati alle richieste di autorizzazioni o reperiti dai siti dei produttori. Tali pattern, per una medesima antenna, differiscono tra loro in funzione del tilt elettrico, della frequenza di trasmissione e della polarizzazione.

Al fine di contestualizzare i nuovi impianti proposti si riporta di seguito la posizione di altre sorgenti di campo RF nell'area di interesse. In particolare, sono stati individuati gli impianti di radiocomunicazione, censiti al marzo 2024, identificati nel portale [sira.arpat.toscana.it](https://sira.arpat.toscana.it)<sup>6</sup>.

Gli impianti sono relativi principalmente a telefonia mobile. Si riportano di seguito le informazioni delle postazioni individuate SRB / RTV prossime alla Linea 4.2.

<sup>6</sup> [https://sira.arpat.toscana.it/sira/misure\\_rf/portale.php#map-tab](https://sira.arpat.toscana.it/sira/misure_rf/portale.php#map-tab)

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

id	Gestore	Tipologia	Nome post.	Codice	Indirizzo	Comune	Tecnologia	Tipologia impianti	Riferimento
1	Wind Tre	SRB	CAMPI EST	FI057	PIAZZA DANTE	Campi Bisenzio	2G,3G,4G	GSM (950),LTE-1800 (1850),LTE-2100 (2150),UMTS-0900 (950),UMTS-2100 (2150)	60361 del 05/08/2022
2	Vodafone	SRB	CAMPI B.ZIO EST	3118	VIA AMILCARE PONCHIELLI n.56	Campi Bisenzio	2G,3G,4G	DCS (1850), GSM (950), LTE-1800 (1850), UMTS-2100 (2150)	12490 del 21/02/2014
3	Wind Tre	SRB	CAMPI SUD	FI498	PIAZZA DEL MERCATO	Campi Bisenzio	3G,4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), LTE-2600TDD (0), PR (32000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150)	56153 del 21/07/2021
4	Tim	SRB	SAN MARTINO	FY84	rotonda VIA PALAGETTA	Campi Bisenzio	2G,4G,5G	5G-3700 (3700),GSM (950),LTE-0800 (850),LTE-1500 (1472),LTE-1800 (1850),LTE-2100 (2150),LTE-2600 (2650)	88770 del 16/11/2022
4	Vodafone	SRB	BLU LE FRILLE	1107	rotonda VIA PALAGETTA	Campi Bisenzio	2G,4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0700 (750), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (23000)	55981 del 21/07/20
5	Iliad	SRB	CAMPI BISENZIO SUD	FI50013_008	VIA LIBERO ROTI snc	Campi Bisenzio	3G,4G,5G, Ponte radio	5G-0700 (700), 5G-3700 (3700), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (32000), UMTS-0900 (950)	51542 del 06/07/2022
6	Wind Tre	SRB	SAN DONNINO	FI067_OLD	ROTATORIA VIA PISTOIESE	Campi Bisenzio	2G,3G	DCS (1850), GSM (950), UMTS-2100 (2150)	19989 del 04/03/2008
6	Wind Tre	SRB	SAN DONNINO	FI067	ROTATORIA VIA PISTOIESE	Campi Bisenzio	2G,3G,4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700),GSM (950),LTE-0800 (850),LTE-1800 (1850),LTE-2100 (2150),LTE-2600 (2650),LTE-2600TDD (2650),PR (18000),PR (38000),UMTS-0900 (950),UMTS-2100 (2150)	98646 del 21/12/2022
7	Vodafone	SRB	SAN DONNINO B	5494	VIA deol FOSSO SECCO snc	Firenze	4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (38000)	23923 del 30/03/2022
7	Tim	SRB	FIRENZE SAN DONNINO	XX70 FY30	VIA FOSSO SECCO	Firenze	2G,3G,4G,5G	5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), UMTS-2100 (2150)	15122 del 01/03/2021
8	Wind Tre	SRB	BROZZI	FI570_OLD	VIA CALABRIA 4/1	Firenze	3G,4G, Ponte radio	LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (23000), PR (38000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150)	82838 del 05/11/2019
8	Tim	SRB	FI BROZZI 3	FYAD	VIA CALABRIA 4/1	Firenze	4G	LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650)	6044 del 26/01/2022
8	Vodafone	SRB	BROZZI	3212	VIA CALABRIA 4/1	Firenze	2G,4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (38000)	6042 del 26/01/2022
9	Tim	SRB	FI BROZZI 2	FIFO_OLD	VIA DI SAN MARTINO A BROZZI	Firenze	3G,4G	LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2600 (2650), UMTS-2100 (2150)	75533 del 09/10/2019

**TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**PARTE GENERALE**  
**INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI**  
**Relazione campi elettromagnetici**

id	Gestore	Tipologia	Nome post.	Codice	Indirizzo	Comune	Tecnologia	Tipologia impianti	Riferimento
9	Opnet	altro	BROZZI	FI0186L A	VIA di BROZZI n.506	Firenze	4G, Ponte radio	LTE-3500 (3500), PR (18000), PR (23000)	75534 del 09/10/2019
9	Wind Tre	SRB	BROZZI	FI066	VIA DI SAN MARTINO A BROZZI	Firenze	2G,3G,4G,5G, Ponte radio	5G-3700 (3700), GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), LTE-2600TDD (2650), PR (18000), PR (23000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150)	46950 del 20/06/2022
9	Vodafone	SRB	SAN MARTINO A BROZZI	1342 0486 OLD	VIA S. MARTINO A BROZZI n.39	Firenze	2G,3G,4G	GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150)	91052 del 27/12/2017
10	Tim	SRB	FI PISTOIESE	FY72	VIA LOMBARDIA	Firenze	2G,4G,5G	5G-3700 (3700), DCS (1850), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650)	60690 del 09/08/2023
10	Vodafone	SRB	FI PISTOIESE B	5664	VIA LOMBARDIA	Firenze	4G,5G	5G-3700 (3700), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650)	60694 del 09/08/2023
11	Wind Tre	SRB	BROZZI BIS	FI570	VIA SAN DONNINO SNC	Firenze	2G,3G,4G, Ponte radio	GSM (950), LTE-0800 (850), LTE-1800 (1850), LTE-2100 (2150), LTE-2600 (2650), PR (18000), PR (38000), UMTS-0900 (950), UMTS-2100 (2150)	19271 del 13/03/2103

Di seguito è riportata la planimetria dove sono individuate le installazioni prossime alla linea.



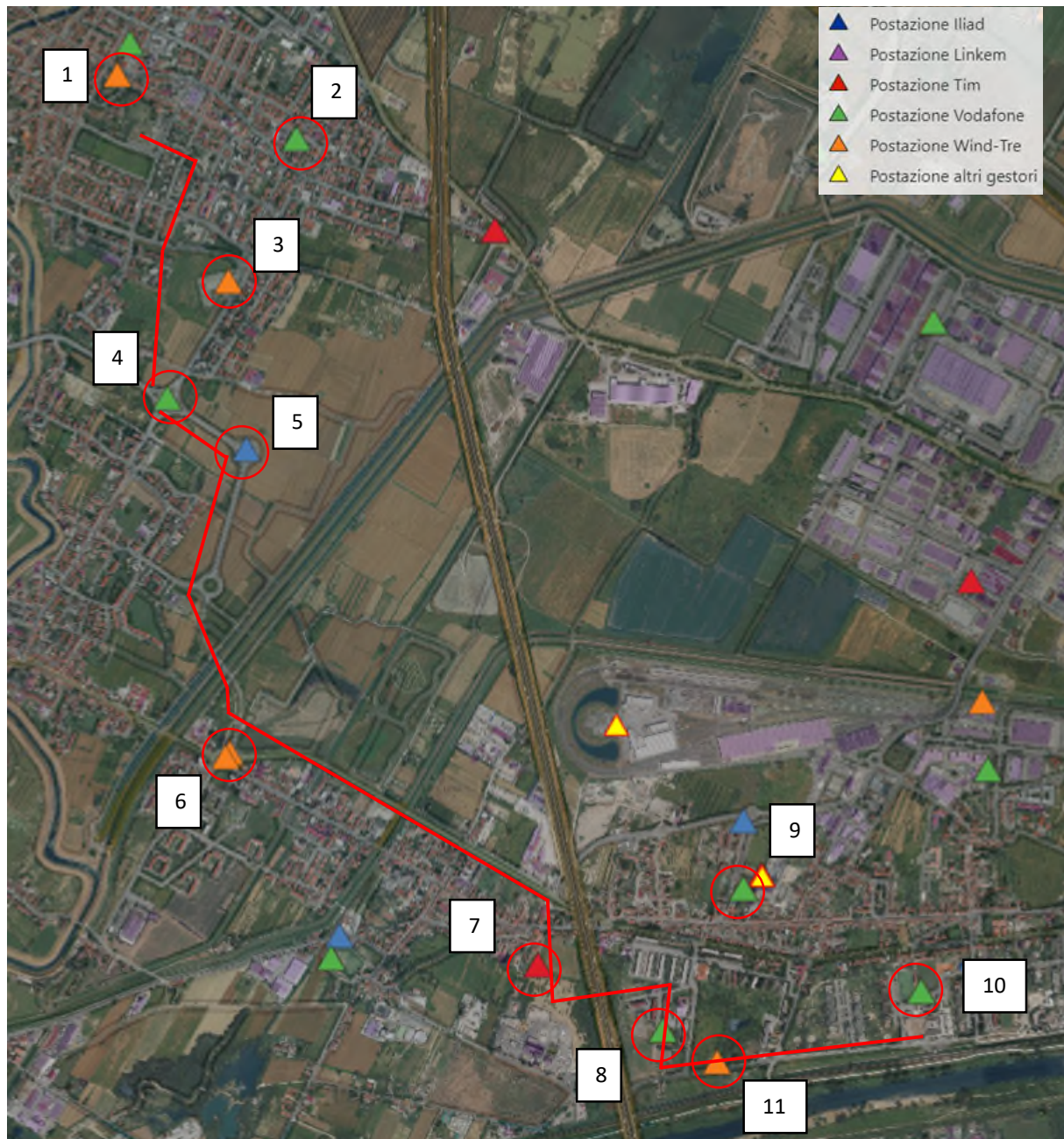


Figura 56 – Ubicazione altri impianti di radiocomunicazione (cerchiate quelle riportate in tabella)

#### 1.4.1 Metodologia di valutazione

Per il calcolo dei lobi di irradiazione delle antenne che saranno installate sul territorio comunale e per la stima puntuale del campo generato è stato utilizzato il software EMLAB (EMLAB versione 3.9.1.1, licenza n° 0056C) prodotto in conformità alla Norma CEI 211-10 e commercializzato dalla società Telecomunicazioni Aldena s.r.l. (via Volta, 13 – 20090 Cusago (MI)).

#### ***1.4.2 Stima del campo elettromagnetico generato dalla S.R.B. mediante volumi di rispetto***

Si riportano di seguito le griglie di calcolo dei volumi di rispetto calcolati per i singoli settori della SRB in esame con riferimento al centro elettrico delle antenne.

Il volume di rispetto, come previsto dalla Norma Italiana CEI 211-10, si utilizza per valutare l'estensione del campo per valori di intensità pari al limite prescritto; esso, infatti, definisce una regione di spazio intorno all'antenna all'esterno del quale il campo elettromagnetico risulta certamente inferiore al valore del limite della normativa vigente. Allo scopo di semplificare la rappresentazione grafica tridimensionale si usano superfici geometricamente semplici che massimizzano il volume di rispetto dell'antenna. Nel nostro caso tale geometria viene rappresentata dalle curve di isolivello del campo e.m.

I volumi di rispetto e le curve isolivello sono riportati in cartografia sia sul piano orizzontale che sul piano verticale, nonché in una rappresentazione tridimensionale. Per quanto riguarda la rappresentazione grafica, sul piano verticale, è stata riportata la vista perpendicolare alla direzione di propagazione.

I risultati di queste analisi sono mostrati mediante mappe a falsi colori dotate di una scala lineare rappresentativa della corrispondenza fra colore e valore di campo elettrico.

Le antenne di nuova installazione saranno posizionate a 25,5 m. Per poter evidenziare la propagazione del campo oltre alla mappa in sezione verticale si riporta la rappresentazione in vista dall'alto delle curve di propagazione alle altezze di 5 m e 15 m (altezza media edifici).



SRB Campania

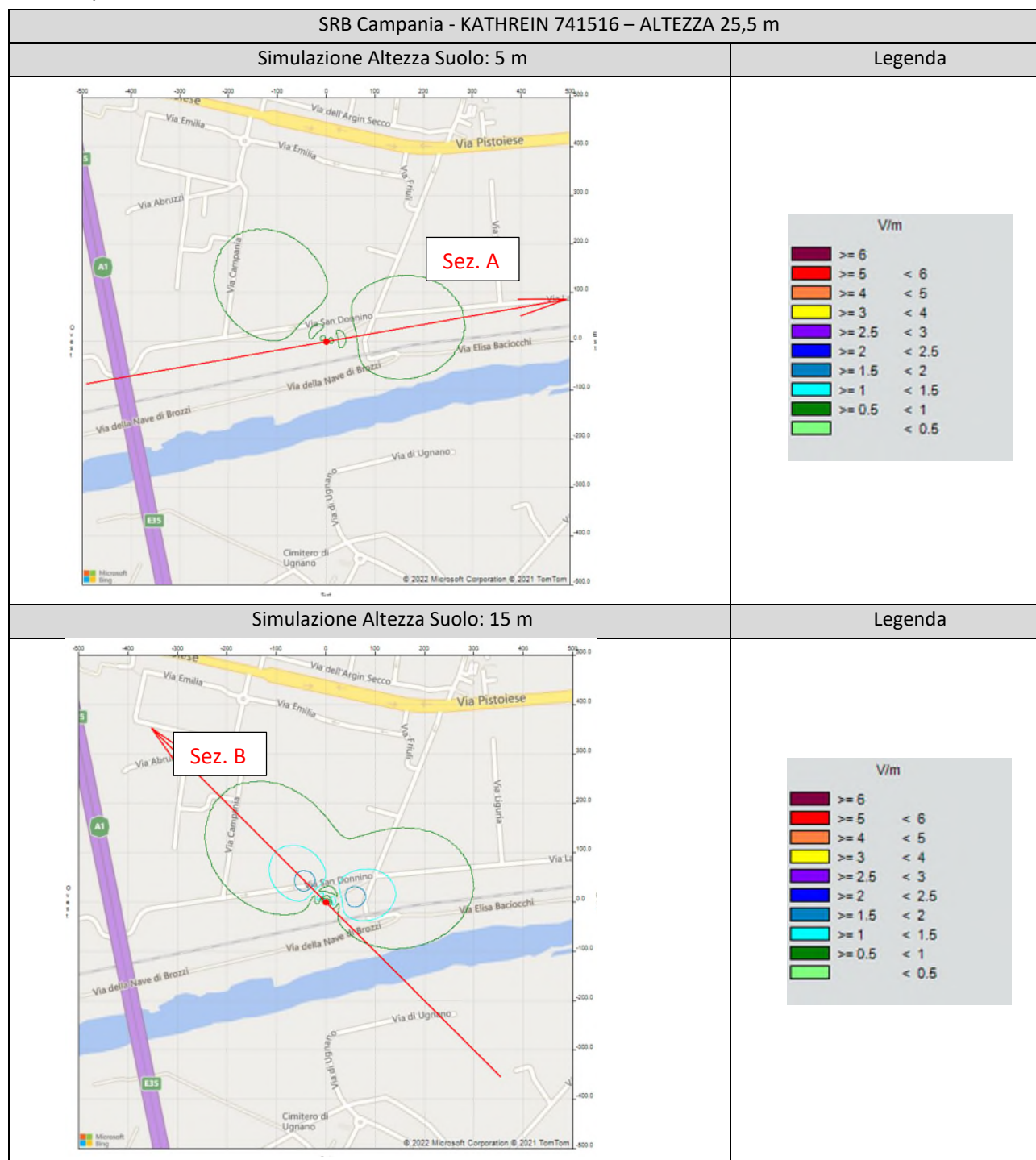


Figura 57 – Curve di propagazione in V/m – simulazione altezza dal suolo 5m e 15m

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

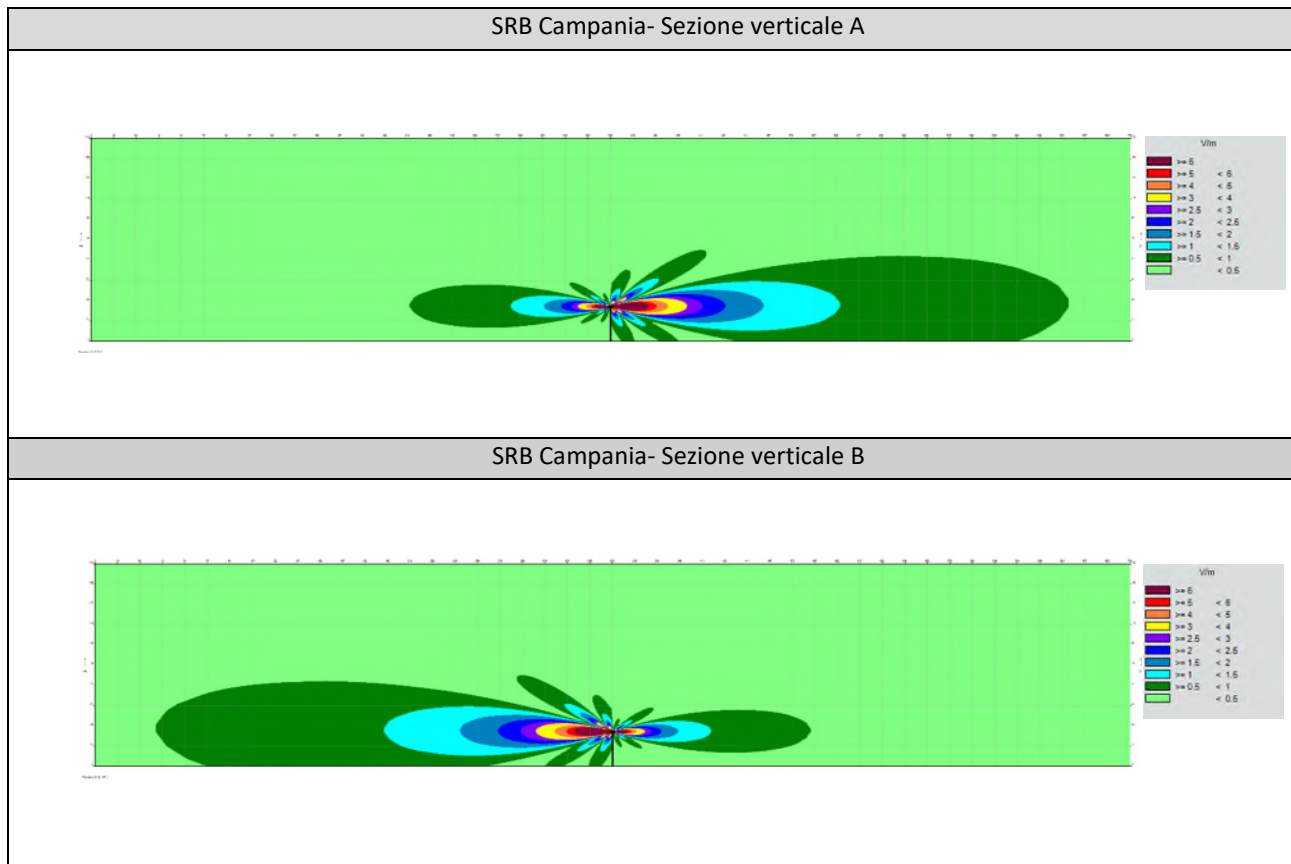


Figura 58 – sezione verticale simulazione

Di seguito la valutazione sul modello.

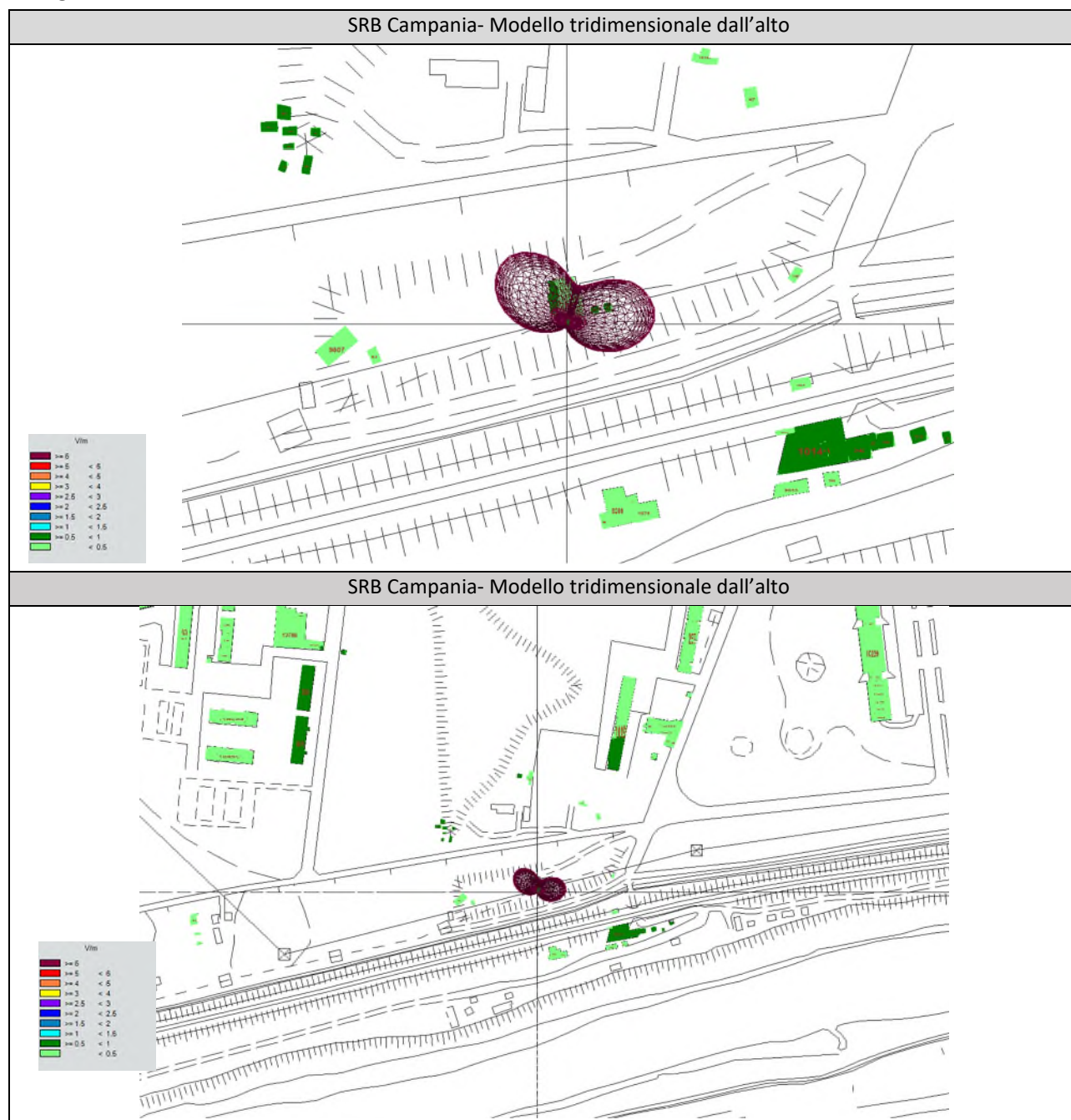


Figura 59 – Vista del modello tridimensionale dall'alto

PARTE GENERALE  
INGEGNERIA DI SISTEMA - ELABORATI GENERALI  
Relazione campi elettromagnetici

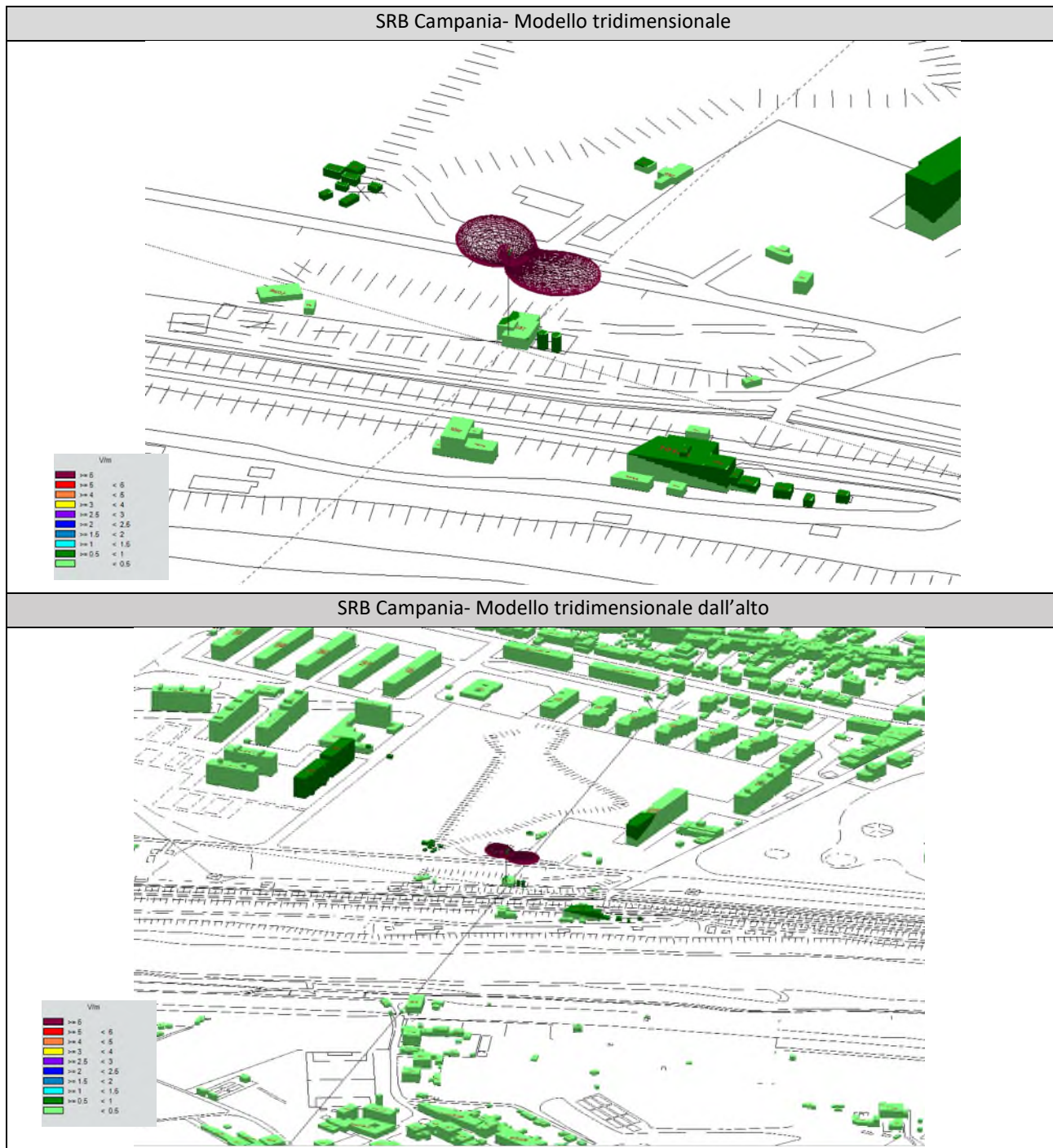


Figura 60 – Vista del modello tridimensionale

Dalla valutazione delle mappe di propagazione è possibile valutare che i raggi di azione delle SRB non interferiscono significativamente con edifici e altri luoghi sensibili rispettando il limite dell'obiettivo di qualità di 6 V/m.

I livelli di esposizione presso gli edifici più prossimi risultano sempre inferiori a 1 V/m.



**SRB Palagetta**



**Figura 61 – Curve di propagazione in V/m – simulazione altezza dal suolo 5m e 15m**

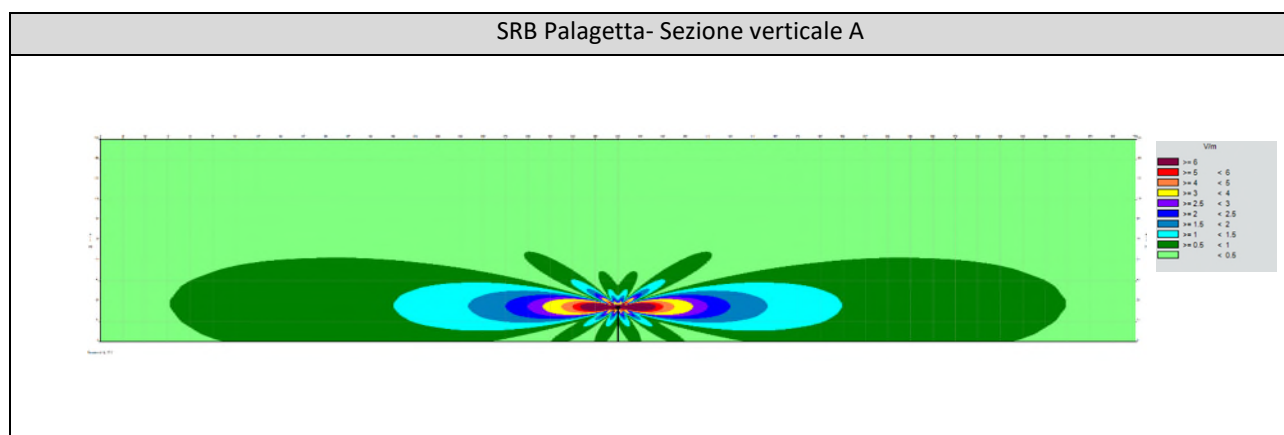
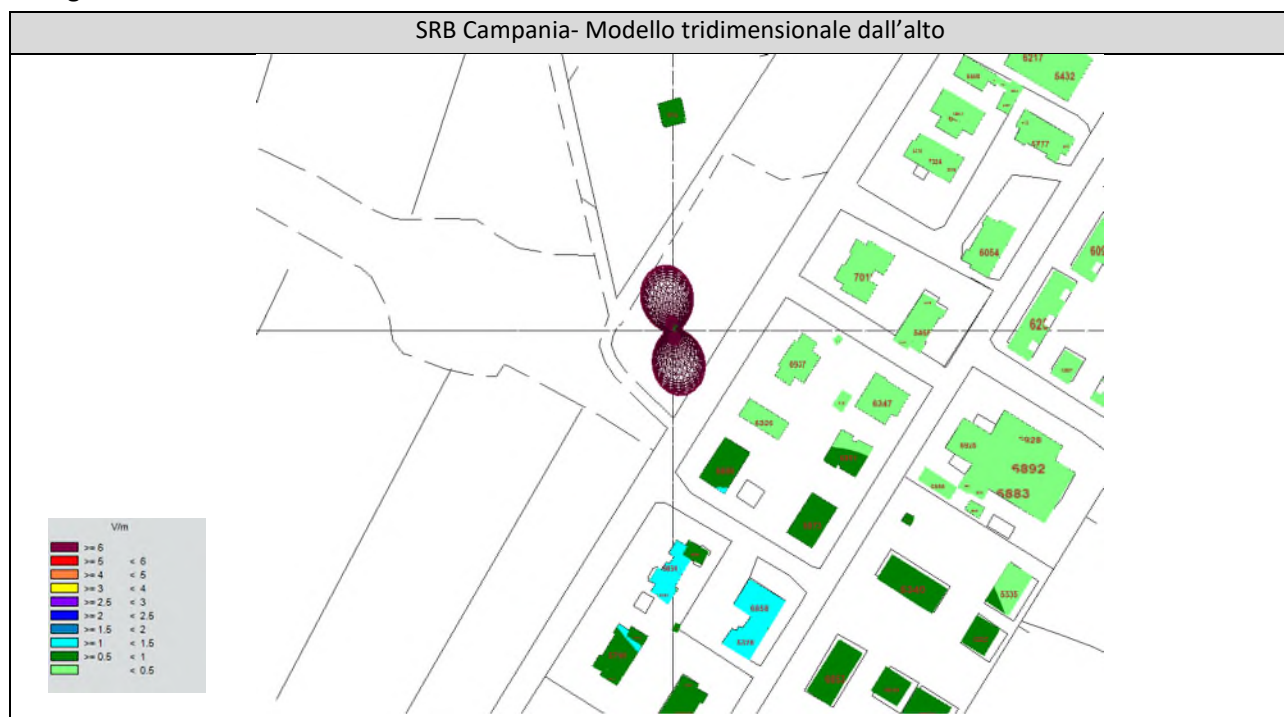


Figura 62 – sezione verticale simulazione

Di seguito la valutazione sul modello.



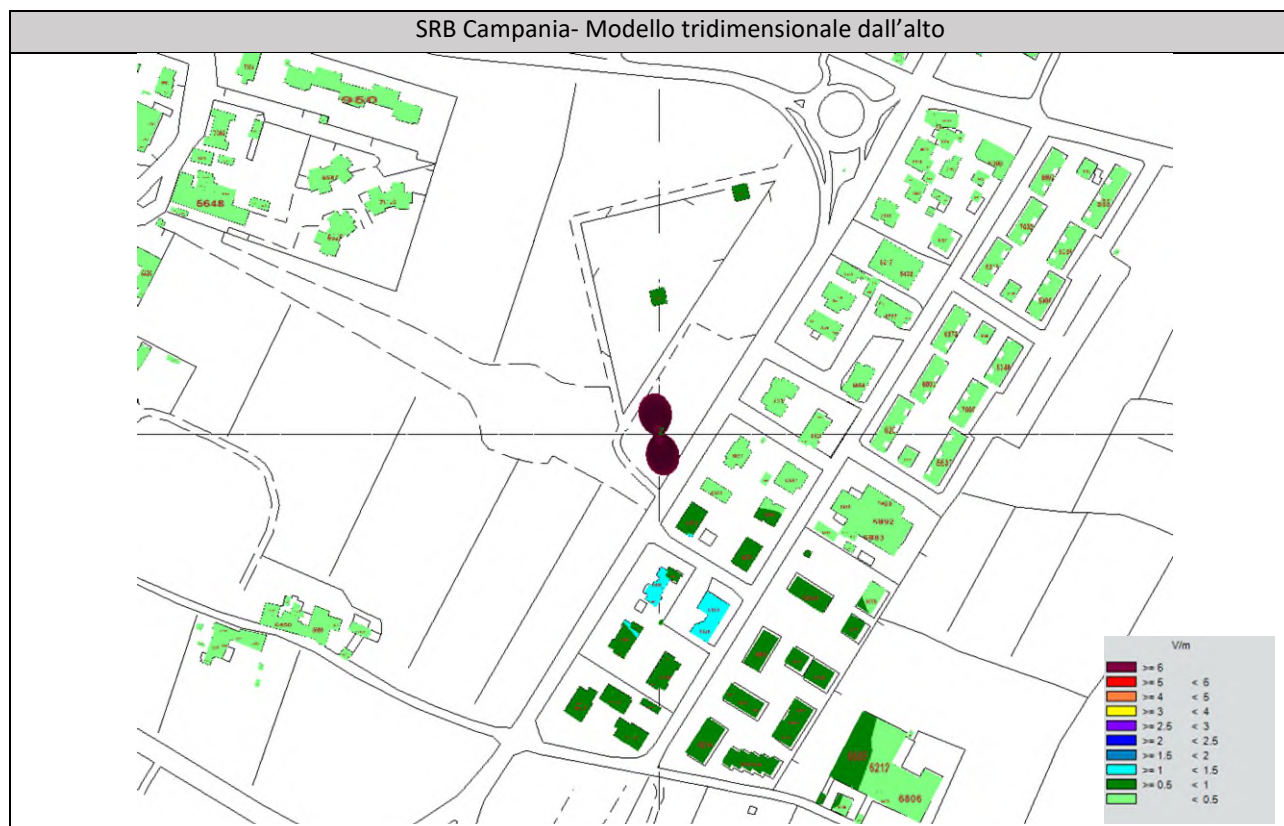


Figura 63 – Vista del modello tridimensionale dall'alto si evidenzia l'interferenza con due edifici a SE della SRB



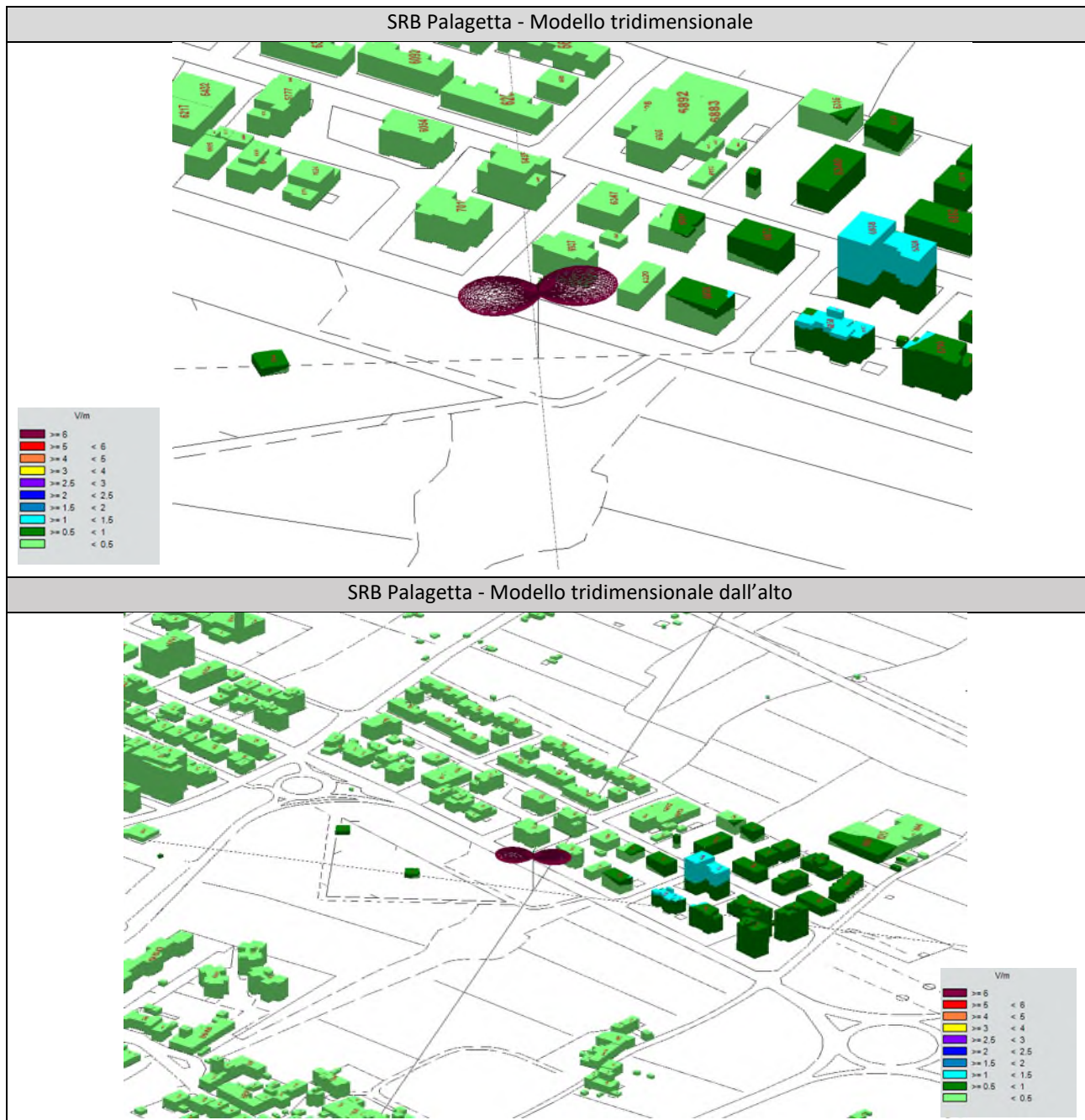


Figura 64 – Vista del modello tridimensionale si evidenzia l'interferenza con due edifici a SE della SRB

Dalla valutazione delle mappe di propagazione è possibile valutare che i raggi di azione delle SRB non interferiscono significativamente con edifici e altri luoghi sensibili rispettando il limite dell'obiettivo di qualità di 6 V/m.

Su solo due edifici a sud est, le mappe di propagazione indicano valori di esposizione compresi tra 1 e 1,5 V/m.



## **1.5 CONCLUSIONI**

In riferimento agli impianti in corrente continua, è stato valutato il sistema di trasporto considerando le componenti maggiormente presenti nell'opera in progetto e, quali principali sorgenti del campo magnetico, la linea di contatto e le sbarre. Dalla valutazione, che ha permesso di stimare il valore generato di campo magnetico, è stato possibile stabilire che il nuovo servizio tramviario, per le postazioni ed aree analizzate, produrrà valori inferiori al limite previsto per la corrente continua.

In riferimento agli impianti in corrente alternata sono stati valutati i campi magnetici prodotti dai seguenti impianti: sottostazioni elettriche, cavidotti sia di media che di bassa tensione e quadri elettrici di fermata.

In merito alle sottostazioni elettriche, si riscontra la loro compatibilità elettromagnetica con la fruizione dei siti nei quali ne è previsto l'inserimento. Al fine di contenere ulteriormente l'ampiezza delle DPA si prevede l'inserimento di schermature del campo magnetico. Tale mitigazione permetterà di ottenere, nell'immediata prossimità delle pareti delle sottostazioni elettriche, valori inferiori o prossimi al valore dell'obiettivo di qualità. Per le altre componenti della rete di distribuzione in corrente alternata si riscontrano valori di ampiezze delle DPA compatibili con le caratteristiche di posa e quindi non interferenti con luoghi a permanenza prolungata ed ammissibili con l'inserimento del contesto urbano.

Per la valutazione del campo magnetico in alta frequenza, si è proceduto al calcolo dei lobi di irradiazione delle antenne che saranno installate lungo la linea in progetto. La valutazione ha riportato valori al di sotto dei limiti e si evidenzia che nessuna abitazione o altri luoghi sensibili risultano interessati significativamente dalla propagazione del campo.

In conclusione, si può ritenere che la rete di apparati elettrici funzionali al sistema di trasporto tramviario sia compatibile al contesto urbano, non introducendo elementi che possano portare a variazioni significative del campo magnetico.

In merito all'analisi del progetto rispetto alle linee in alta tensione presenti sul territorio non si riscontrano situazioni rilevanti ed interferenti a luoghi con una permanenza delle persone superiore alla quattro ore continuative.