



J.C.S. di Attardo Francesco e C. sas
Via Manin, 30 - 21100 Varese (Italia)
P.IVA 02655080121
Sede Operativa
Via Dogali, 8/12
21100 Varese

Telefono: 0332/813344
Telefax: 0332/810798
E-mail:
info@icsitalia.net

Valutazione dell'intensità del campo magnetico generato dalla linea di trazione Alta Velocita Milano Venezia alla progressiva 145+139.488 in corrispondenza dell'edificio ANCAP

1. Introduzione

Il presente documento riporta le valutazioni relative al calcolo del campo magnetico a 50Hz generato dalla linea di trazione AV Milano Venezia alla progressiva 145+139.488 sull'edificio ANCAP posto di fianco alla linea di trazione (si vedano figure 1 e 2)

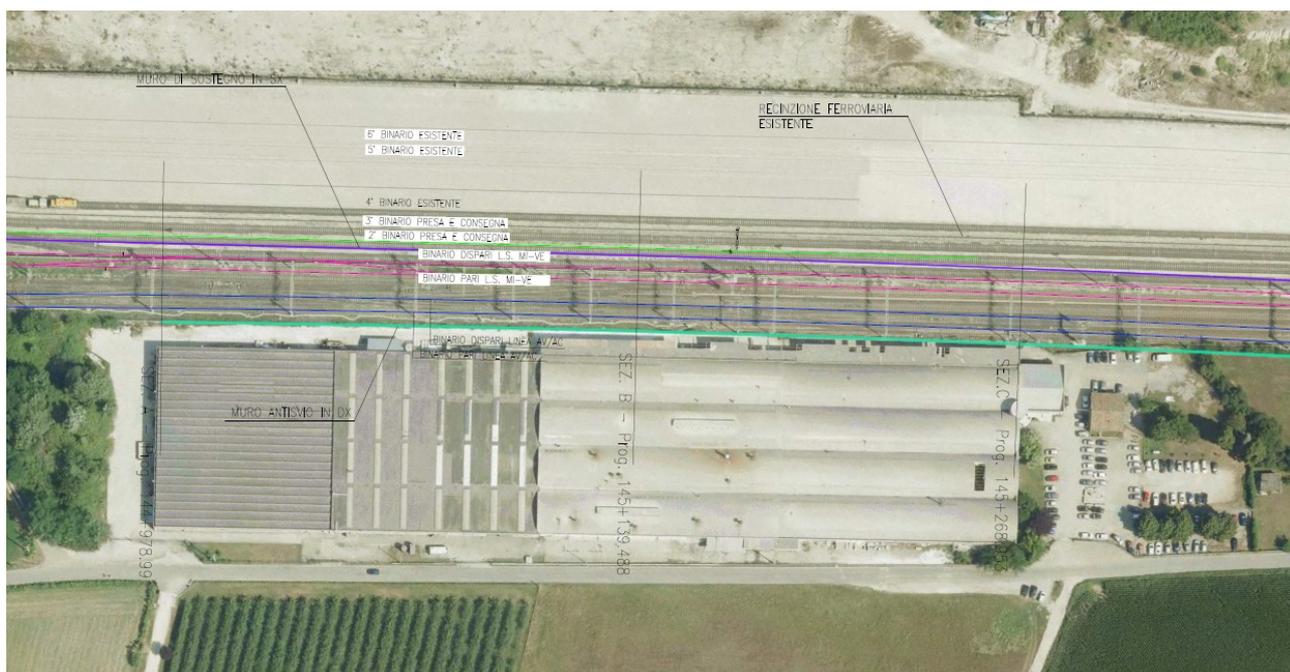


Figura 1 – Posizione in pianta dell'edificio ANCAP e della linea di trazione AV



J.C.S. di Attardo Francesco e C. sas
 Via Manin, 30 - 21100 Varese (Italia)
 P.IVA 02655080121
 Sede Operativa
 Via Dogali, 8/12
 21100 Varese

Telefono: 0332/813344
 Telefax: 0332/810798
 E-mail:
info@icsitalia.net

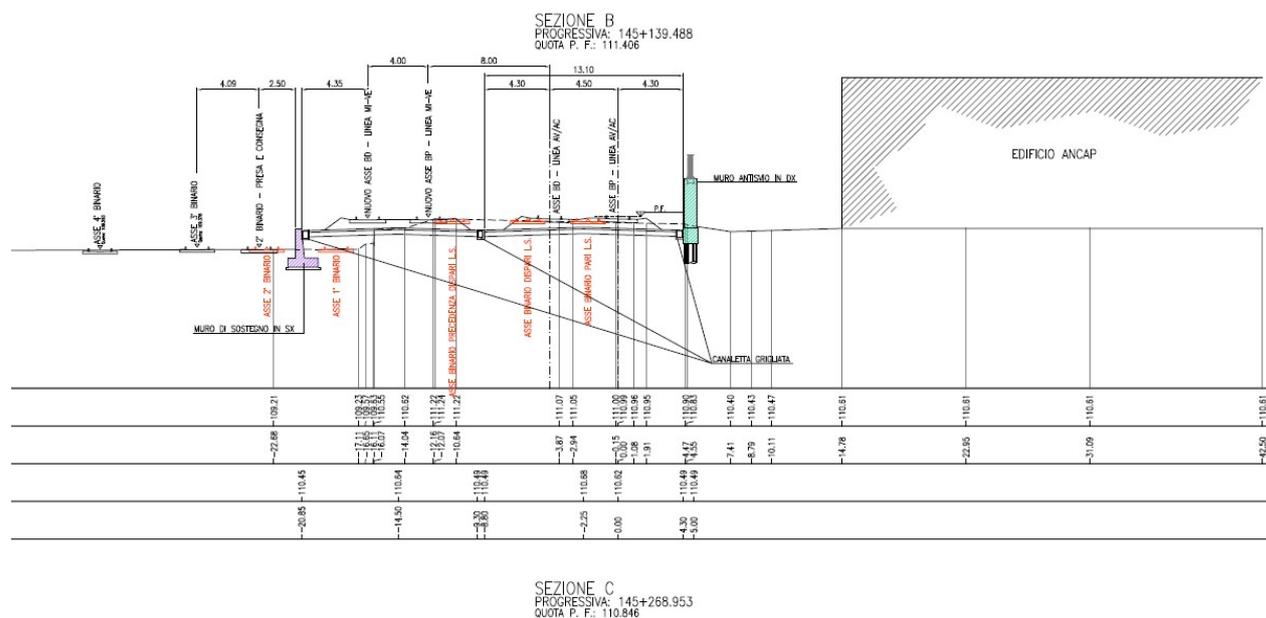


Figura 2 – Posizione in prospettiva dell’edificio ANCAP e della linea di trazione AV

L’edificio ANCAP si trova a 16.60m dall’asse della linea AV.

2. Metodo di calcolo del campo magnetico a 50Hz

Per il calcolo del campo magnetico a 50Hz è necessario conoscere le intensità di corrente che circolano su tutti i conduttori della linea; in particolare in un sistema AL esercito a 25kV 50Hz con doppio binario i conduttori sono i 4 binari, le due linee di trazione ed i due feeder che si trovano esternamente alla palificata.

La corrente su ciascun conduttore è funzione della posizione di calcolo rispetto alle SSE che alimentano la linea ed al numero di treni in circolazione in quella tratta.

L’ipotesi di calcolo è quella più conservativa ovvero quella che contempla il maggiore assorbimento in funzione delle caratteristiche della linea.

Nel caso specifico il carico maggiore è data dalla presenza di treni ogni 25km sia sul binario pari che sul binario dispari, che equivale ad un intervallo di tempo tra un treno ed il successivo pari a 300 secondi nell’ipotesi che i treni viaggino tutti alla velocità massima di 300 km/h, e con la tensione di alimentazione al pantografo di 27.5kV a 50Hz.

Le correnti, come è facile immaginare, variano quindi con continuità in funzione del movimento dei treni e della loro posizione rispetto ai punti di alimentazione.

Pertanto si sono considerati valori medi delle intensità di corrente che si ritengono rappresentativi di un intervallo di tempo che poi si ripete nel tempo.

I valori di corrente sono quelli indicati nella relazione “Campi elettrici e magnetici generati dalla linea di trazione 25kV 50Hz” del 03/03/2016 a firma dell’Ing Danilo Pozzi.

I valori di calcolo sono quindi:



J.C.S. di Attardo Francesco e C. sas
Via Manin, 30 - 21100 Varese (Italia)
P.IVA 02655080121
Sede Operativa
Via Dogali, 8/12
21100 Varese

Telefono: 0332/813344
Telefax: 0332/810798
E-mail:
info@icsitalia.net

	Binario UP	Binario DW
Linea di contatto	243 A	237 A
Feeder	154 A	154 A
Circuito di ritorno (rotaie, trefoli, dispersori)	87 A	86 A

3. Intensità del campo magnetico sulla parete dell'edificio ANCAP più prossima alla linea ferroviaria

Con queste ipotesi si è calcolata l'intensità del campo magnetico alla distanza di 16.6m dall'asse della linea AV ovvero in prossimità della parete dell'edificio ANCAP più prossimo alla linea ferroviaria

I valori di campo magnetico risultano compresi tra $0.2\mu\text{T}$ e $0.35\mu\text{T}$.

4. Riferimenti normativi e legislativi

I riferimenti normativi e legislativi sono i seguenti:

- Legge 26/2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 08/07/2003 (pubblicato nella GU 200 del 29/08/2003) – Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti;
- CEI 211-4-2008 – Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee elettriche.

In particolare consideriamo come riferimento dei limiti il D.P.C.M 08/07/2003 laddove si tratta di nuovi impianti viene definito un limite come obiettivo di qualità pari a $3\mu\text{T}$ per tutti i luoghi ove sia possibile la presenza di persone per periodi superiori alle 4 ore; nel nostro caso questo sarà il nostro limite di riferimento.

5. Conclusioni

Alla luce dei calcoli e dei limiti di legge si può affermare che in prossimità dell'edificio ANCAP vengono rispettati i limiti di intensità di campo magnetico a 50Hz generati dalla linea AV Milano Venezia.

Allegati

- D.P.C.M 08/07/2003
- Campi elettrici e magnetici generati dalla linea di trazione 25kV 50Hz" del 03/03/2016 a firma dell'Ing Danilo Pozzi

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.

(estratto da Gazzetta Ufficiale serie generale n°200)

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Vista la legge del 22 febbraio 2001, n. 36, e, in particolare, l'art. 4, comma 2, lettera a) che prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche;

Visto il proprio decreto, in data 23 aprile 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 104 del 6 maggio 1992, recante i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno;

Visto il proprio decreto in data 28 settembre 1995, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 232 del 4 ottobre 1995, recante le norme tecniche procedurali di attuazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 relativamente agli elettrodotti;

Vista la raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. L. 199 del 30 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300 GHz;

Visto il parere del Consiglio superiore di sanità, espresso nella seduta del 24 giugno 2002;

Preso atto della dichiarazione del Comitato internazionale di valutazione per l'indagine sui rischi sanitari dell'esposizioni ai campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici (CEM);

Preso atto che non è stata acquisita l'intesa con la Conferenza unificata di cui all'art. 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata nella riunione del 21 febbraio 2003, con la quale è stato deciso che debba avere ulteriore corso il presente decreto;

Sentite le competenti commissioni parlamentari;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della salute;

Decreta:

Art. 1.

Campo di applicazione

1. Le disposizioni del presente decreto fissano limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.
2. 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.
3. A tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella

G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

4. Ai sensi dell'art. 1, comma 2, della legge 22 febbraio 2001, n. 36, le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e Bolzano provvedono alle finalità del presente decreto nell'ambito delle competenze ad esse spettanti ai sensi degli statuti e delle relative norme di attuazione e secondo quanto disposto dai rispettivi ordinamenti.

Art. 2.

Definizioni

1. Ferme restando le definizioni di cui all'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, ai fini del presente decreto le definizioni delle grandezze fisiche citate sono riportate nell'allegato A che costituisce parte integrante del decreto stesso.

Art. 3.

Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il **limite di esposizione di 100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), **nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 4.

Obiettivi di qualità

1. **Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 5.

Tecniche di misurazione e di determinazione dei livelli d'esposizione

1. Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6 prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana» e successivi aggiornamenti. 2. Per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le relative procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

3. Per la verifica del rispetto delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui ai commi 1 e 2, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

4. Per gli elettrodotti con tensione di esercizio non inferiore a 132 kV, gli esercenti devono fornire agli organi di controllo, secondo modalità fornite dagli stessi, con frequenza trimestrale,

12 valori per ciascun giorno, corrispondenti ai valori medi delle correnti registrati ogni 2 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 6.

Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

2. L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Art. 7.

Aggiornamento delle conoscenze

1. Il Comitato interministeriale di cui all'art. 6 della legge quadro n. 36/2001 procede, nei successivi tre anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, all'aggiornamento dello stato delle conoscenze, conseguenti alle ricerche scientifiche prodotte a livello nazionale ed internazionale, in materia dei possibili rischi sulla salute originati dai campi elettromagnetici.

Art. 8.

Abrogazione di norme

1. Dalla data di entrata in vigore del presente decreto non si applicano, in quanto incompatibili, le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995.

Il presente decreto sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Roma, 8 luglio 2003

Il Presidente del Consiglio dei Ministri
Berlusconi

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio
Matteoli

Il Ministro della salute
Sirchia

Allegato A

DEFINIZIONI

Campo elettrico: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.

Campo magnetico: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione

umana».

Campo di induzione magnetica: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana».

Frequenza: così come definita nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana».

Elettrodotto: é l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Treviglio - Brescia
PROGETTO ESECUTIVO

**CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLA LINEA DI
TRAZIONE 25kV-50Hz**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Cepav Due Capirettore del Consorzio a.i. (Ing. F. Lombardi)	Valido per costruzione	SCALA: 1:
Data:	Data: 02 MAG 2016	Data: 03 MAG 2016	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOLIO
I N 5 1	1 1	E	E 2	0 C	I T 0 0 0 0	X 0 4	B	0 0 1 DI 0 0 7

CONSORZIO SATURNO	VISTO CONSORZIO SATURNO	
	Firma	Data
	<i>[Signature]</i>	Ing. A.M. DE SIMONE 29 APR 2016

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Moro	28/04/12	L. Lefebre	28/04/12	D. Pozzi	28/04/12	
B	Aggiornamenti e precisazioni	M. Moro	03/03/16	L. Lefebre	03/03/16	D. Pozzi	03/03/16	
C								

CIG. 11726651C5	File: IN5111EE20CIT0000X04B.DOC
	Cod. origine: 2653/855/00300122



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

Stampato dal Service
di plottaggio ITALFERR S.p.A.
ALBA s.r.l.

CUP: J41C07000000001

GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità 	CONSORZIO SATURNO 	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
		Progetto IN51	Lotto 11	Codifica Documento EE2 0C IT0000 X05	Rev. B	Foglio 2 di 7

CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLA LINEA DI TRAZIONE A 25 kV

Scopo del documento

Questo documento calcola i campi elettrico e magnetico generati dalla linea di trazione a 25 kV. I campi sono calcolati per i diversi tipi di linea e, nel caso del magnetico, per le correnti normali, cioè quelle che transitano nei conduttori per la quasi totalità del tempo.

Riferimenti di legge e normativi

Lg 36/2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici .

D.P.C.M 8/07/2003 (in G.U. n. 200 del 29 agosto 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.

CEI 211-4-2008 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee elettriche.

Schema dell'impianto, tensione e correnti nei conduttori

La linea di trazione Alta Velocità Milano-Verona è suddivisa in tratte elettriche, ciascuna alimentata da una sottostazione.

Lo schema di una tratta elettrica tipo è lunga approssimativamente 48 km, è alimentata al centro della sottostazione e si compone di quattro celle con autotrasformatori lunghe circa 12 km l'una (fig. 1).

La sottostazione divide la tratta elettrica in due semitratte, ciascuna lunga approssimativamente 24 km.

La fig. 1 riporta la reale schematizzazione della tratta in esame.

GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consortio ENI per l'Alta Velocità	CONSORZIO SATURNO	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO			
		Progetto IN51	Lotto 11	Codifica Documento EE2 0C IT0000 X05	Rev. B

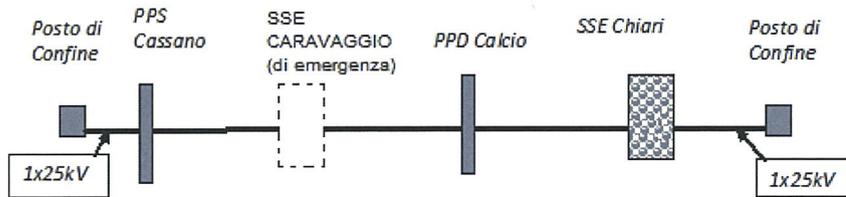


Fig. 1. - schema tipologico di una tratta elettrica della linea di trazione AV

La corrente nella linea di trazione oggetto del calcolo è ottenuta considerando la presenza di un treno nella tratta di circa 25 km sia sul binario dispari che sul binario pari.

In corrispondenza della sottostazione è realizzato il sezionamento della linea in modo che ogni trasformatore di 132/52 kV alimenti la tratta di competenza.

La simulazione si è svolta assumendo le seguenti ipotesi di studio:

- velocità di circolazione 300 km/h ,
- distanziamento tra due veicoli prossimi è 25 km (300 secondi),
- tensione nominale al pantografo 27500 V – 50 Hz

Tensioni e correnti nei conduttori

Le correnti che circolano sui conduttori, fermo restando le ipotesi sopra indicate, sono variabili in funzione della posizione del treno, con un andamento decrescente al crescere della distanza dalla sottostazione.

Inoltre l'andamento della correnti sui conduttori di alimentazione (contatto e feeder) e sui conduttori di ritorno (rotaie, trefoli, dispersori) dipende dalla vicinanza o meno del treno agli autotrasformatori.

Pertanto per la valutazione del campo magnetico si è scelto di utilizzare valori di corrente medi che possono rappresentare la situazione reale.

Sottostazione tipo – Trasformatore Gr.1 – Corrente nel tratto verso Milano

	Binario UP	Binario DW
Linea di contatto	$I_{ldc} = 243 \text{ A}$	$I_{ldc} = 237 \text{ A}$
Feeder	$I_{feeder} = 154 \text{ A}$	$I_{feeder} = 154 \text{ A}$
Circuito di ritorno	$I_{cdr} = 87 \text{ A}$	$I_{cdr} = 86 \text{ A}$

GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità 	CONSORZIO SATURNO 	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
		Progetto IN51	Lotto 11	Codifica Documento EE2 0C IT0000 X05	Rev. B	Foglio 4 di 7

Sottostazione tipo – Trasformatore Gr.2 – Corrente nel tratto verso Verona

	Binario UP	Binario DW
Linea di contatto	$I_{dc} = 213 \text{ A}$	$I_{dc} = 224 \text{ A}$
Feeder	$I_{feeder} = 138 \text{ A}$	$I_{feeder} = 138 \text{ A}$
Circuito di ritorno	$I_{cdr} = 80 \text{ A}$	$I_{cdr} = 82 \text{ A}$

Descrizione delle tipologie di sorgente di campo magnetico ed elettrico

Le tipologie di sorgente di campo magnetico che sono prese in esame nel presente documento sono le seguenti:

- linea di trazione in rilevato (fig. 1)
- linea di trazione in viadotto (fig. 2)

Le tipologie di sorgente di campo elettrico che sono prese in esame nel presente documento sono le seguenti:

- linea di trazione in rilevato (fig. 4)
- linea di trazione in viadotto (fig. 5)

Le sorgenti sopra elencate sono sistemi multiconduttori che, all'interno di ciascuna tipologia, possono presentare in termini di posizione spaziali rilevanti differenze.

Nel presente documento si è scelto di adottare nei calcoli di simulazione le tipizzazioni che possano riassumere alcune tra le caratteristiche principali presenti nel sistema AV. Tali caratteristiche sono descritte nel seguito.

GENERAL CONTRACTOR Cepav due Consorzio ENI per l'Alta Velocità	CONSORZIO SATURNO	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO				
		Progetto IN51	Lotto 11	Codifica Documento EE2 0C IT0000 X05	Rev. B	Foglio 5 di 7

Linea di trazione

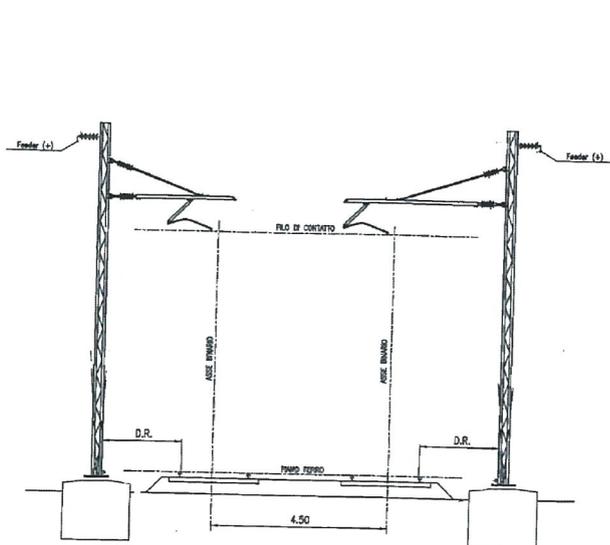
Nella simulazione della linea di trazione sono stati presi in considerazione i seguenti 8 conduttori:

- * Feeder binario dispari
- * Feeder binario pari
- * linea di contatto binario dispari
- * linea di contatto binario pari
- * rotaia 1 binario dispari
- * rotaia 1 binario pari
- * rotaia 2 binario dispari
- * rotaia 2 binario pari

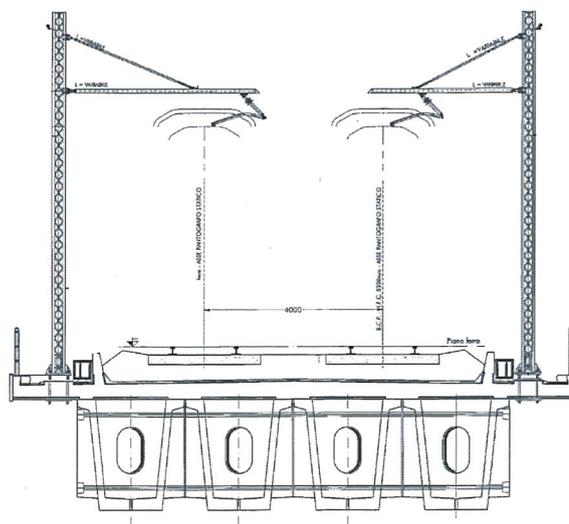
Le coordinate spaziali dei conduttori si sono assunte con riferimento alle condizioni costruttive di una sezione tipo della linea di contatto a doppio binario con il piano del ferro ad una altezza pari a 0,70 m (rilevato) e con piano del ferro ad una altezza pari a 11 m (viadotto).

Le correnti che percorrono i conduttori sono definite secondo le ipotesi descritte nel precedente paragrafo.

Da valutazioni svolte da SIRTI si può affermare che, a parità di corrente assorbita e fino ad una distanza di 20m circa dall'asse della linea, il modello a 8 conduttori risulta più cautelativo di quello a 14 conduttori (cioè considerando corde portanti, trefoli e dispersori) andando a sovrastimare il campo. Oltre tale distanza i due modelli di calcolo presentano una differenza percentuale relativa dell'ordine del 10% che si attenua con l'aumentare della distanza.



Sezione di linea in rilevato



Sezione di linea in viadotto



Diagrammi dei campi magnetici

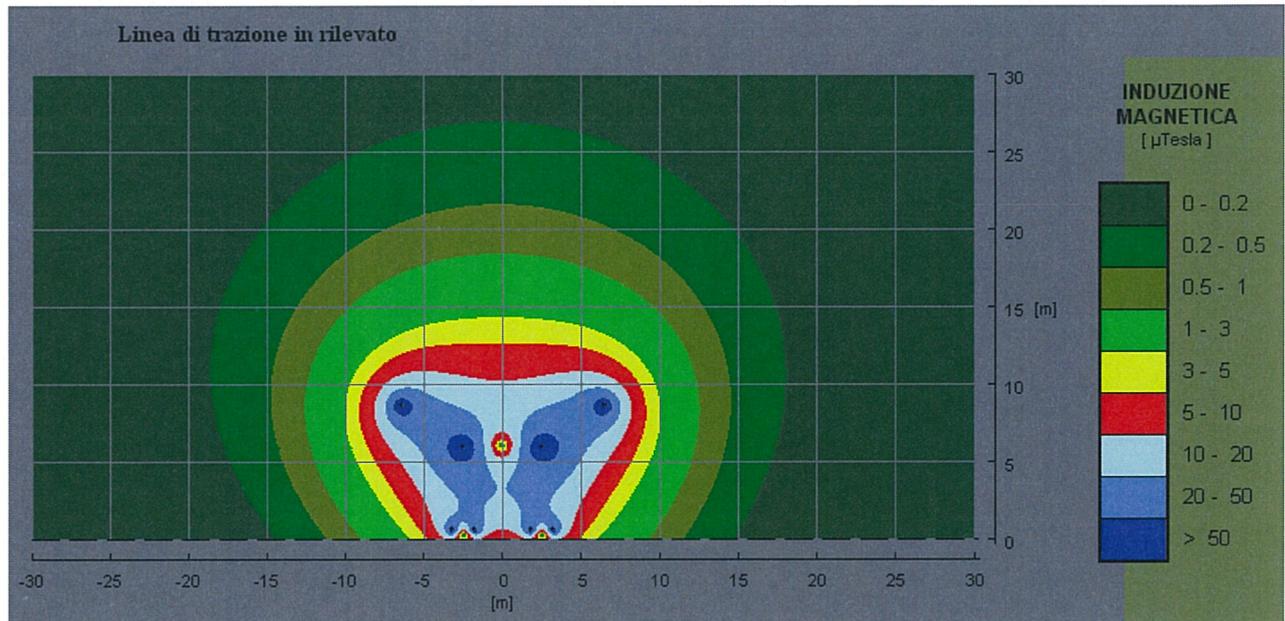


Fig. 1 – Campo magnetico della linea di trazione tipologia in rilevato



Fig. 2 – Campo magnetico della linea di trazione tipologia in viadotto



Diagramma dei campi elettrici

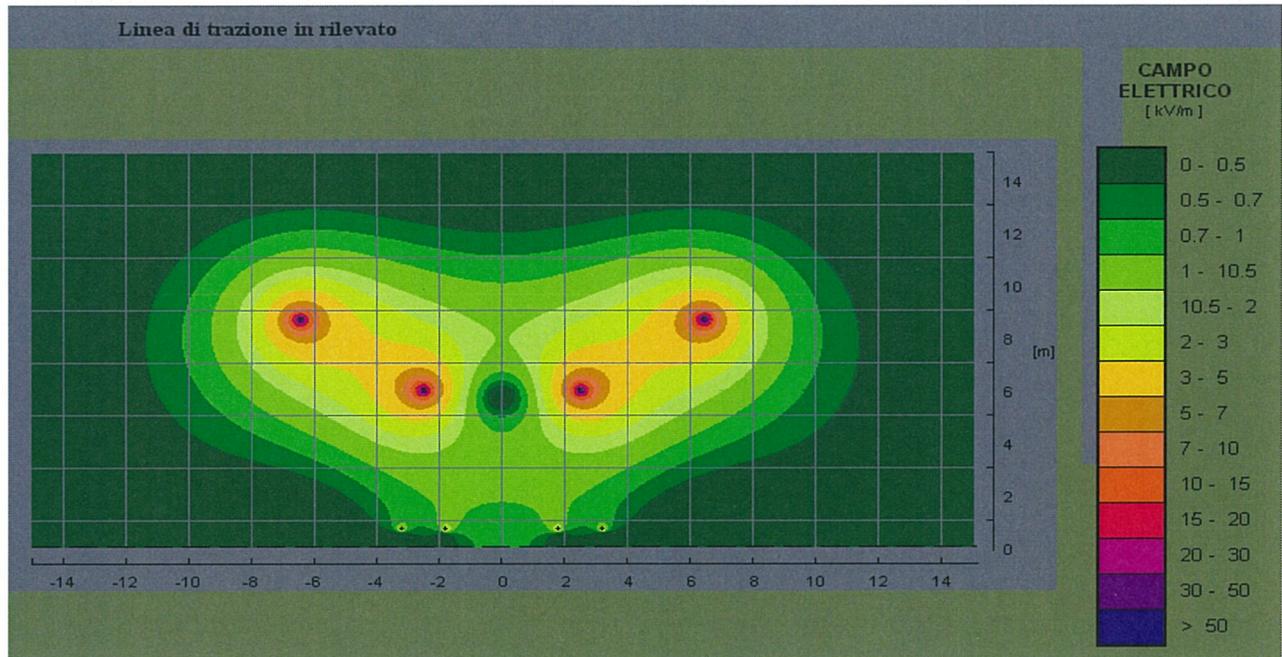


Fig. 3 – Campo elettrico della linea di trazione tipologia in rilevato

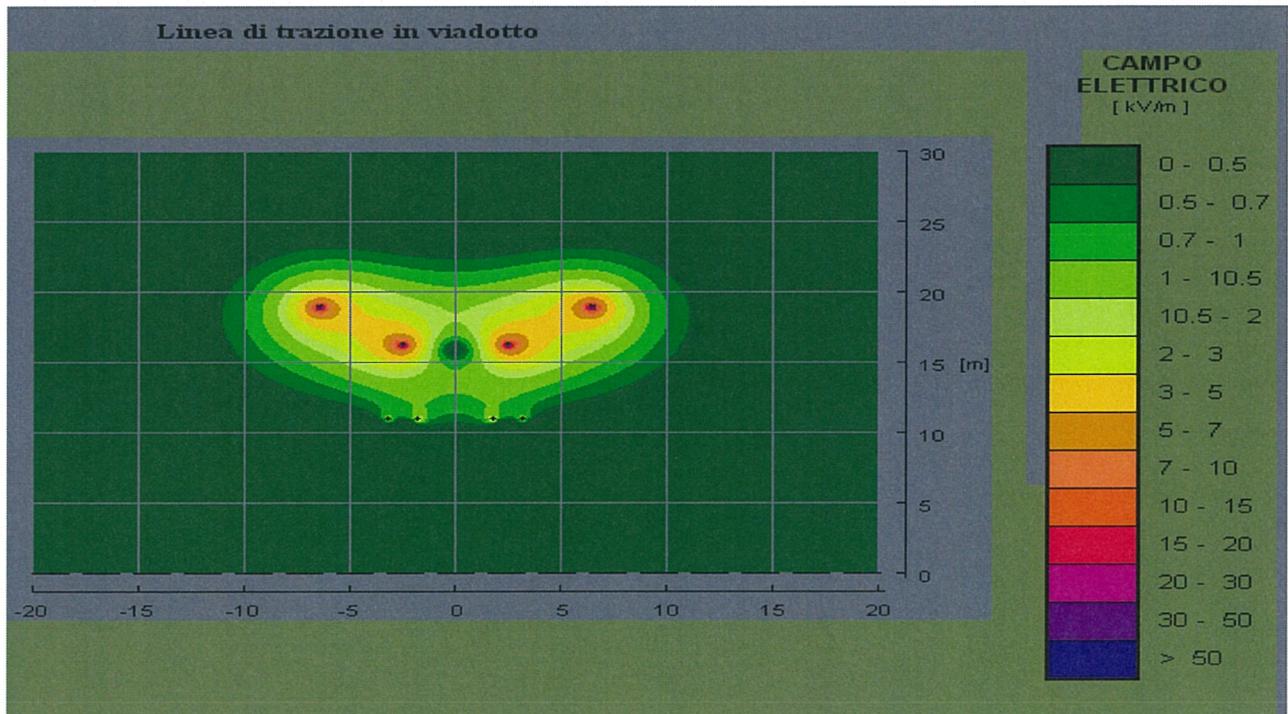


Fig. 4 – Campo elettrico della linea di trazione tipologia in viadotto