



Comune di Faenza



REGIONE EMILIA ROMAGNA
UNIONE DELLA ROMAGNA FAENTINA
COMUNE DI FAENZA



VARIANTE AL RUE

IN BASE ALL'ART. 53 COMMA 1 LETTERA B DELLA L.R.
24/2017

INTERVENTO DI AMPLIAMENTO
STABILIMENTO INDUSTRIALE PER LA SEDE
DI TEMA SINERGIE S.P.A.
IN VIA MALPIGHI 120 - FAENZA

**PROGETTO
PRELIMINARE
D.M. 37/08
TEMA 1 - 6**

**ELABORATI D - PROGETTO
TAVOLA D3**

**VALUTAZIONE CAMPO
MAGNETICO E DPA PER NUOVA
CABINA MT/BT (CABINA 2)**



COMMITTENTE

TEMA SINERGIE S.P.A.
VIA MALPIGHI, 120 - 48018 FAENZA (RA)
P.p.v. dott. Ing. Luciano Piancastelli
in qualità di presidente della società

TEMA SINERGIE
High tech, high care

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI

Per. Ind. Marco Samorini

firmata digitalmente



FEBBRAIO 2022

REGIONE: EMILIA ROMAGNA	PROVINCIA: RAVENNA	COMUNE: FAENZA
----------------------------	-----------------------	-------------------



**Studio Tecnico Associato
E. S. I. PROJECT**

Elettro Soluzioni Impiantistiche
di FABBRI Andrea GHEZZI Marco SAMORINI Marco
Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ
Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483
e-mail: info@esiprj.it - www.esiprj.it



OGGETTO:

**VALUTAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO E
DETERMINAZIONE DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE
PER LA NUOVA CABINA MT/BT "CABINA 2"
PRESSO STABILIMENTO INDUSTRIALE
SITO IN VIA MALPIGHI n°120, 48018 - FAENZA (RA)**

COMMITTENTE:



Tema Sinergie S.p.A.
Via Malpighi n°120
48018 Faenza (RA)

**FASCICOLO D3 VALUTAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO E DETERMINAZIONE
DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE**

DESTINAZIONE COPIE:

- COPIA PER IL COMMITTENTE
- COPIA PER LA DITTA INSTALLATRICE
- COPIA PER IL PROGETTISTA
- COPIA PER IL COMUNE
- COPIA PER VVFF
- COPIA PER ARPA
- COPIA PER AUSL
- COPIA PER

DATI DOCUMENTAZIONE:

TIPO DOCUMENTO: **VALUTAZIONE DEL CAMPO
MAGNETICO E DETERMINAZIONE
DELLA DISTANZA DI PRIMA
APPROSSIMAZIONE**

DATA EMISSIONE: **Settembre 2021**

N° COMMESSA: **16-011**

PROGETTISTA: **Samorini Per. Ind. Marco**

NOME FILE: **relazione dpa tema 6.docx**

EDIZIONE: **00**



Studio Tecnico Associato
E. S. I. PROJECT
Elettro Soluzioni Impiantistiche

di *Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.*
Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ
Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483
e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it

Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE SECONDO IL DM 29 MAGGIO 2008

INDICE

<i>capitolo / paragrafo</i>	<i>pag.</i>
1) OGGETTO	2
2) OBIETTIVO E AMBITO DI APPLICAZIONE.....	4
3) DEFINIZIONI	5
4) PRINCIPALE LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO.....	6
5) PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
6) SOFTWARE DI CALCOLO	6
7.1) DATI DI INGRESSO – CABINA.....	7
7.1.1) TIPOLOGIA DI CAMPI ELETTRICI/MAGNETICI DA CONSIDERARE.....	7
7.1.2) COMPONENTI ELETTRICI ALL'INTERNO DELLA CABINA.....	7
7.1.3) RISULTATI.....	10
8) CONFIGURAZIONE POST SCHERMATURA.....	13
9) RISULTATI POST SCHERMATURA.....	14
10) CONCLUSIONI	15
11) ALLEGATI	15



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

1) OGGETTO

La presente relazione si riferisce alla nuova cabina di trasformazione MT/bt (Cabina 2) da erigersi all'interno del fabbricato artigianale di proprietà Tema Sinergie S.p.A. a servizio dello stabilimento denominato "T6", relativa alla fornitura di energia elettrica in Media Tensione in arrivo dalla cabina di ricevimento esistente e non oggetto del presente intervento.

La valutazione ha lo scopo di simulare il campo magnetico prodotto dagli elementi all'interno della suddetta cabina, tenendo conto anche della cabina MT/bt esistente, per determinare la distanza di prima approssimazione.

• tipo di intervento:	Nuova installazione
• committente	Tema Sinergie S.p.a.
• utilizzatore finale:	Tema Sinergie S.p.a.
• utilizzo dell'edificio:	Artigianale
• ubicazione:	Via Malpighi n°120
• comune:	Faenza
• provincia:	Ravenna
• regione:	Emilia Romagna



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commissa: 16-011

Di seguito è rappresentata la planimetria del sito in cui è evidenziata la posizione delle cabine elettriche.



Figura 1 - Planimetria generale dettaglio con posizionamento cabina MT/bt (non in scala)

	Studio Tecnico Associato E. S. I. PROJECT Elettro Soluzioni Impiantistiche	<i>di Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.</i> Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483 e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it	
	Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

2) OBIETTIVO E AMBITO DI APPLICAZIONE

L'interesse al problema dell'inquinamento elettromagnetico è cresciuto soprattutto negli ultimi anni, a seguito delle numerose ricerche e studi eseguiti. Sono state redatte norme e documenti tecnici fino alla promulgazione di leggi specifiche a tutela degli ambienti maggiormente a rischio, come i posti di lavoro.

Più in particolare, il Decreto Legislativo 81/08 (Testo unico in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro), per primo definisce l'esposizione a campi elettromagnetici un rischio specifico a cui è sottoposto il lavoratore; questo rischio deve essere quindi valutato e limitato sotto certi limiti per garantire la salubrità dell'ambiente e limitare la pericolosità dell'attività svolta.

I campi elettrici e magnetici presi in considerazione dal presente documento sono quelli generati da linee e cabine elettriche, relativamente alla frequenza di rete pari a 50Hz.

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4), in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2), fissa:

- i **limiti di esposizione** del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la **protezione da possibili effetti a breve termine**;
- il **valore di attenzione** (10 μ T) e l'**obiettivo di qualità** (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Il Campo Elettrico

Il **campo elettrico** si definisce come una proprietà o perturbazione dello spazio, prodotta dalla presenza di cariche elettriche, positive o negative. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo una carica elettrica nella regione perturbata questo risulta soggetto ad una forza.

L'intensità del campo elettrico si misura in Volt per metro (V/m). Qualsiasi conduttore elettrico produce un campo elettrico associato, che esiste anche quando nel conduttore non scorre alcuna corrente.

Più alta è la tensione, più intenso è il campo ad una certa distanza dal conduttore; mentre per una data tensione l'intensità diminuisce al crescere della distanza.

A tutti i fini pratici del rischio, per frequenze pari a 50 Hz, è quasi sempre rilevante il solo campo magnetico. Infatti, essendo le correnti di solito molto elevate (perché derivate dalla trasformazione in bassa tensione della rete di media tensione), i gradienti del campo elettrico sono decisamente bassi (sussistono poche centinaia di volt tra le fasi). Quindi è improbabile la presenza di hot spots di campo elettrico, mentre sarà particolarmente complesso l'andamento del campo magnetico.

Ai fini della valutazione si ritengono quindi soddisfatti i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m).

Documento n°: VCEM-DPA-00	Progettista: SAMORINI Per. Ind. Marco	Operatore: MR	Pagina: 4
---------------------------	---------------------------------------	---------------	-----------

 Studio Tecnico Associato E. S. I. PROJECT Elettro Soluzioni Impiantistiche		di <i>Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.</i> Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483 e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it	
Cliente:	Tema Sinergie S.p.A.	Documento:	VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE
Oggetto:	Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)		
Data emiss.:	Settembre 2021	File:	relazione dpa tema 6.docx
Edizione:	00	Commissa:	16-011

3) DEFINIZIONI

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

Fascia di rispetto

E' lo spazio circostante un elettrodotto o cabina di trasformazione AT/MT/bt, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1)

E' il valore di campo elettrico (5 kV/m), magnetico ed elettromagnetico (100 μ T), considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per 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.

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2)

A titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione 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.

Obiettivi di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4)

Nella progettazione di nuovi elettrodotti o cabine di trasformazione AT/MT/bt in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere 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 della popolazione 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.

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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

	Studio Tecnico Associato E. S. I. PROJECT Elettro Soluzioni Impiantistiche	<i>di Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.</i> Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483 e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it	
	Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

4) PRINCIPALE LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".
- DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i.
- DL 9 aprile 2008, n.81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"

5) PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV".
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I".
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche".
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 "Linee Guida per l'uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0".
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 "Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie".

6) SOFTWARE DI CALCOLO

Per la valutazione del campo magnetico e della distanza di prima approssimazione è stato utilizzato uno specifico software di simulazione (MAGIC - Magnetic Induction Calculation – sviluppato da Sati Shielding in collaborazione con il Politecnico di Torino) idoneo per il calcolo dei campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico, quali trasformatori, sistemi di linee elettriche, cabine MT/bt, buche giunti, blindosbarre, impianti elettrici e similari.

Gli algoritmi di calcolo implementati nel software sono conformi alla normativa vigente (DM 29/05/2008) e che consente la valutazione di impatto ambientale senza effettuare misure.

	Studio Tecnico Associato E. S. I. PROJECT Elettro Soluzioni Impiantistiche	<i>di Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.</i> Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483 e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it	
	Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

7.1) DATI DI INGRESSO – CABINA

La presente valutazione determina il campo elettromagnetico sia per singole sorgenti (linee elettriche, cavi, sistemi multi conduttori, trasformatori) sia per sistemi complessi come le cabine elettriche MT/bt. In particolare per la cabina in oggetto, si è tenuto conto della tridimensionalità delle sorgenti, della loro reale posizione e della sovrapposizione degli effetti dei diversi componenti della cabina, nonché della presenza di altra cabina elettrica MT/bt esistente (cabina 1) posta in prossimità.

7.1.1) TIPOLOGIA DI CAMPI ELETTRICI/MAGNETICI DA CONSIDERARE

In genere la pericolosità dei campi elettrici per i sistemi a frequenza industriale di 50 Hz, inizia ad essere preponderante rispetto ai campi magnetici, e quindi da iniziare a prendere in considerazione, solamente per sistemi elettrici con tensione superiore a 400 kV.

Essendo il sistema in oggetto con tensione nominale di esercizio pari a 15 kV, di seguito si prende in esame solamente il campo magnetico.

7.1.2) COMPONENTI ELETTRICI ALL'INTERNO DELLA CABINA

Per la valutazione dei campi magnetici generati da cabine MT/bt sono stati considerati tutti gli elementi elettrici all'interno della cabina in oggetto:

- 1 quadro MT a 3 scomparti
- 2 linee MT in arrivo da cabina esistente di ricevimento
- 1 linea MT verso il trasformatore
- 1 trasformatore MT/bt da 1000 kVA in resina
- 1 linea BT al quadro di bassa tensione dal trasformatore
- 3 linee BT in partenza dal quadro di bassa tensione

Il calcolo in oggetto è stato elaborato considerando la potenza massima del trasformatore pari a 1000 kVA ed una corrente massima circolante pari a 1.443 A (nella linea BT in uscita dal quadro di bassa tensione), ossia pari alla corrente nominale del trasformatore.

Per l'ubicazione dei componenti in cabina si rimanda alla planimetria allegata.

Si è specificata poi la tipologia del trasformatore e l'entrata dei cavi MT.



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

Dati trasformatore

Potenza nominale [kVA] Fattore di carico % Corrente [A] Fase [deg] A secco In olio (unif. ENEL)

Uscita cavi BT

Cavi BT verso l'alto Cavi BT verso il basso Non considerare l'effetto dei cavi BT in uscita

Uscite BT lato anteriore Uscite BT centrali Uscite BT lato posteriore

Lunghezza conduttori h [m] Distanza minore d [m]

Distanza maggiore D [m] Quota terminali q [m]

Entrata cavi MT

Posizione trasformatore in cabina

Xp [m] Piano su cui e' allineato il trasformatore XZ YZ Ruota di 180 gradi

Yp [m] Sequenza delle fasi RST TSR

Zp [m]

Label11

Figura 2 - Dati trasformatore

Il quadro MT è formato da 3 scomparti con arrivi e partenze delle linee MT, partenza verso il trafo e arrivi da cabina di ricevimento esistente e non oggetto del presente intervento.

Le linee MT e BT sono state simulate come terne in piano e con distanza tra i conduttori di 5 cm (MT) e 9 cm (BT).

Le correnti circolanti in esse sono le stesse dei relativi quadri di partenza delle linee.



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commissa: 16-011

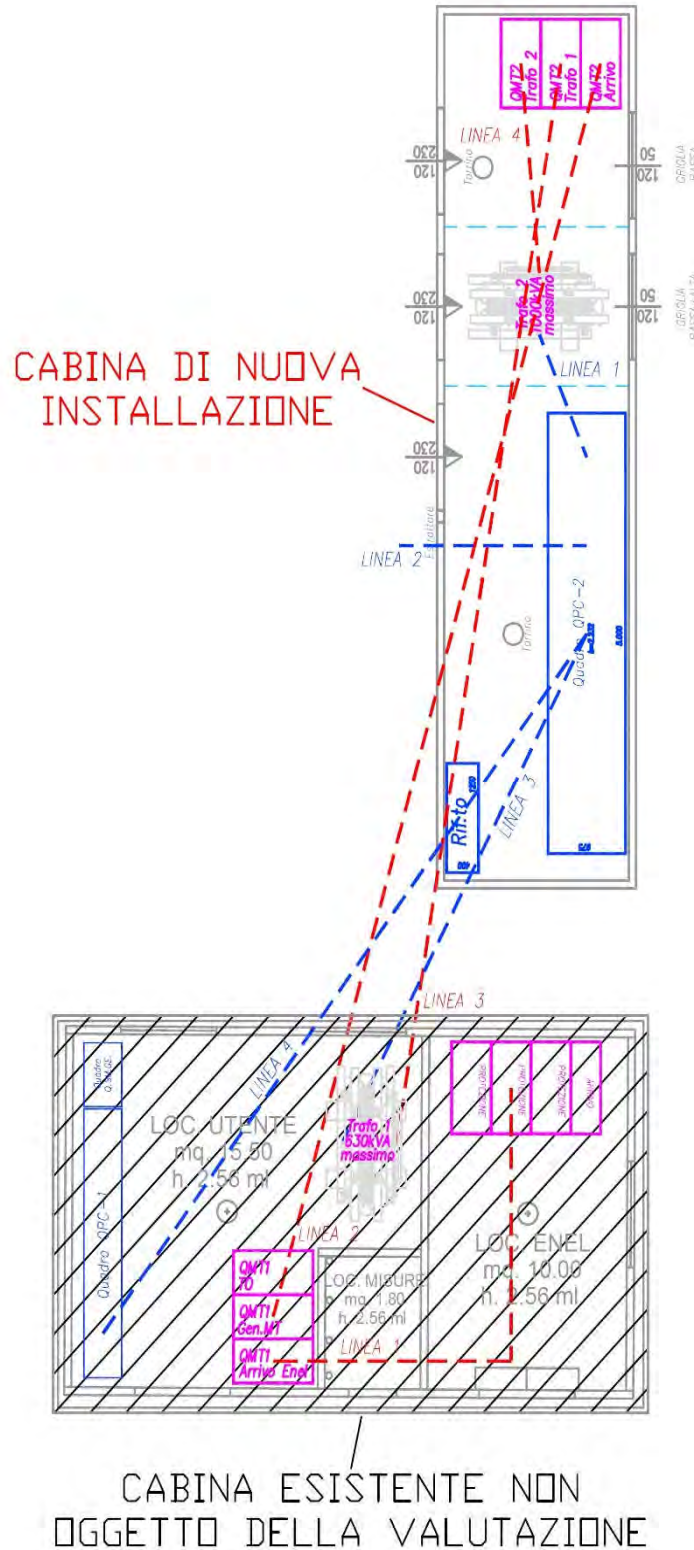


Figura 3 – Pianta disposizione elementi in cabina (non in scala)



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

7.1.3) RISULTATI

I componenti precedentemente descritti sono stati modellati in maniera tridimensionale per tenere in considerazione, oltre alla geometria delle connessioni interne alla cabina, anche la sovrapposizione degli effetti degli elementi elettrici.

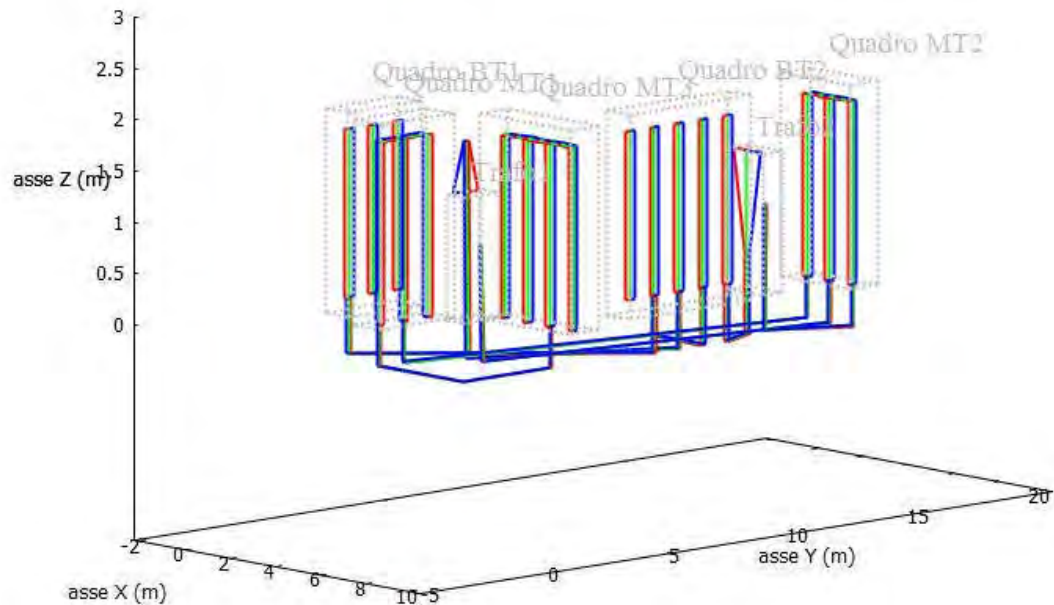


Figura 4 – Visualizzazione 3D cabina

Per valutare l'effetto del campo elettromagnetico, si prendono in considerazione i valori a 1 m di distanza dal suolo. I livelli di intensità considerati sono 1, 3, 5, 10, 20 e 100 μ T. Nel grafico non si vedono gli elementi all'interno di essa.



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

N.B.: Per svolgere la valutazione in oggetto e per ottenere un risultato più affidabile e veritiero si è considerata, a favore di sicurezza, anche l'influenza elettromagnetica della cabina di ricevimento esistente e la relativa componentistica al suo interno.

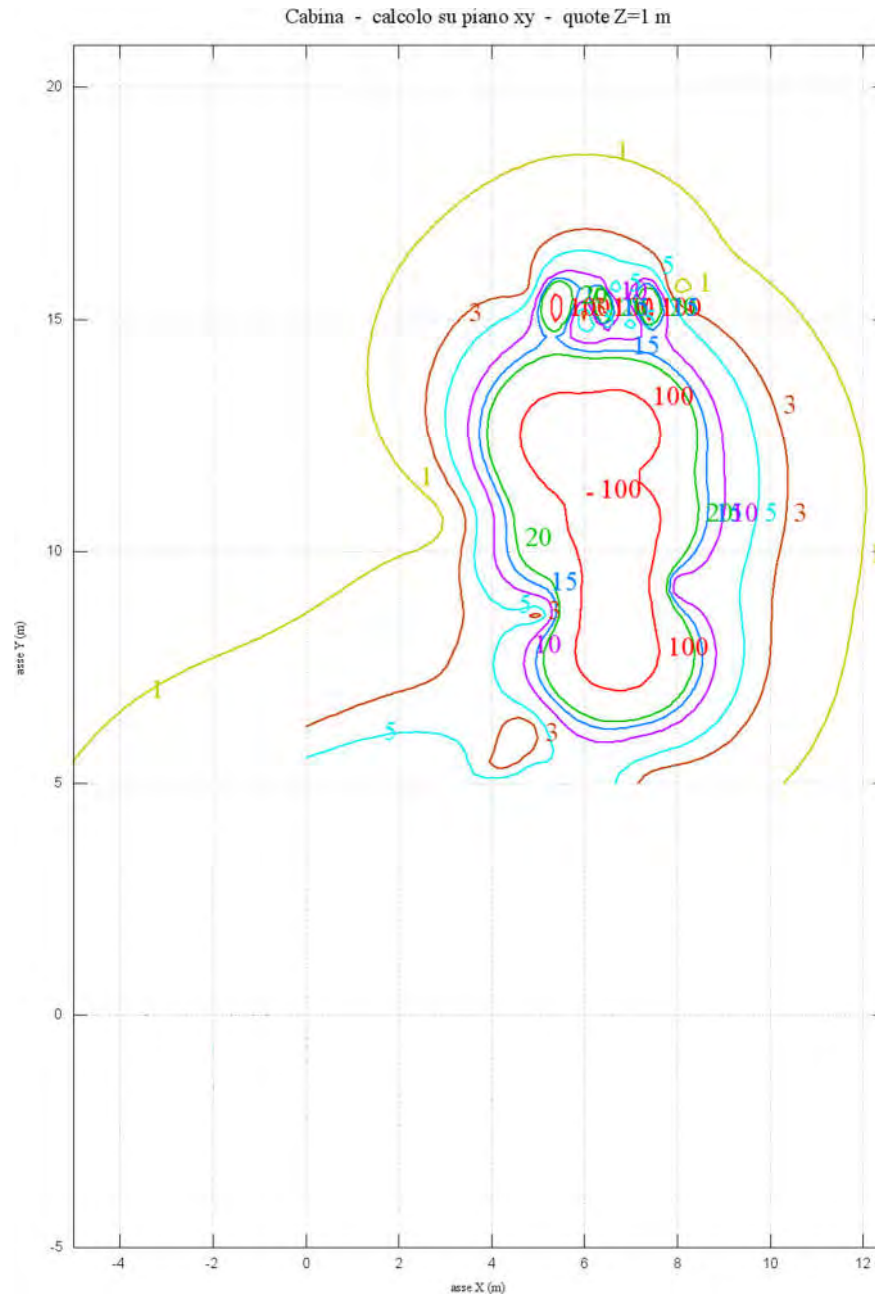


Figura 5 – Visualizzazione curve di isolivello

Sovrapponendo le curve ottenute alla planimetria, è possibile vedere in maniera qualitativa, quali sono gli elementi della cabina che più influenzano il campo magnetico.



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commissa: 16-011

8) CONFIGURAZIONE POST SCHERMATURA

Poiché il limite di esposizione di 100 μ T risulta, seppure in maniera limitata, anche all'esterno del manufatto cabina di trasformazione, si prevede l'installazione di un sistema schermante realizzato in lega d'alluminio nelle pareti interne del fabbricato, in corrispondenza di tutte le aree in cui il campo magnetico risulta uscente.

Di seguito viene riportata la nuova configurazione della cabina MT/bt con indicazione delle pareti che saranno interessate dalla schermatura.

— SCHERMATURE A PARETE H=2,5m

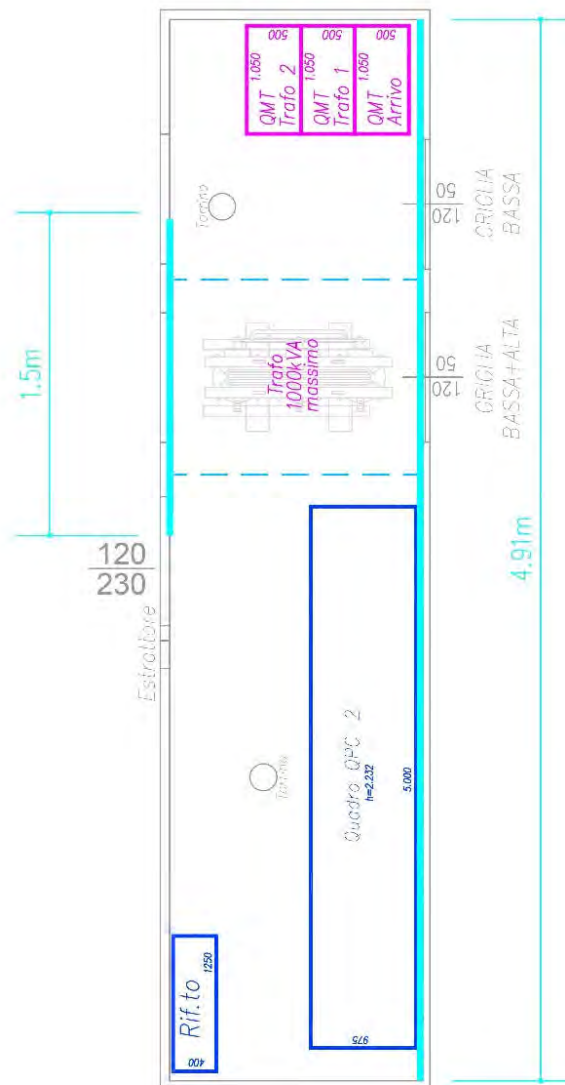


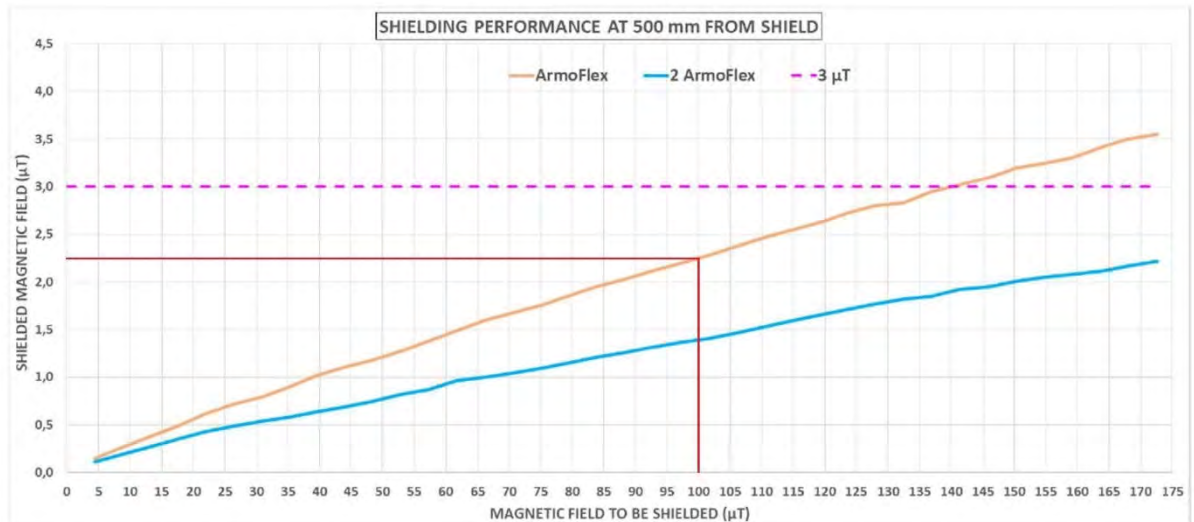
Figura 9 – Configurazione Cabina Post Schermatura – Planimetria non in scala



Cliente: Tema Sinergie S.p.A.	Documento: VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE		
Oggetto: Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)			
Data emiss.: Settembre 2021	File: relazione dpa tema 6.docx	Edizione: 00	Commessa: 16-011

9) RISULTATI POST SCHERMATURA

Per valutare l'impatto della schermatura sul campo magnetico in oggetto occorre utilizzare delle tabelle di attenuazione fornite dal costruttore del sistema schermante, vedi tabella riportata sotto:



In seguito alla schermatura effettuata, il limite di esposizione risulta confinato all'interno della cabina di trasformazione MT/bt.

Il costruttore indica che, per il layout elettrico previsto, le potenze installate ed in funzione del materiale schermante utilizzato, il campo magnetico a contatto con la parete esterna della cabina, in corrispondenza dello schermo, sarà di circa 2,2µT.

Il materiale utilizzato ha una permeabilità tale da abbattere drasticamente il campo magnetico.

Tale valore risulta ben al di sotto del limite di esposizione garantito.

La distanza di prima approssimazione viene quindi modificata e ridotta a causa della presenza della schermatura.

 Studio Tecnico Associato E. S. I. PROJECT Elettro Soluzioni Impiantistiche		di <i>Fabbri A. Ghezzi M. Samorini M.</i> Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483 e-mail : info@esiprj.it - www.esiprj.it	
Cliente:	Tema Sinergie S.p.A.	Documento:	VALUTAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE
Oggetto:	Cabina elettrica MT/bt stabilimento "T6" a servizio di fabbricato sito in via Malpighi n°120, Faenza (RA)		
Data emiss.:	Settembre 2021	File:	relazione dpa tema 6.docx
		Edizione:	00
		Commissa:	16-011

10) CONCLUSIONI

A seguito dell'installazione della schermatura, come indicato nella tabella allegata fornita dal costruttore della stessa, i valori della distanza di prima approssimazione vengono ridotti notevolmente: Ovvero l'estensione del campo elettromagnetico di 3 μT risulta nulla all'esterno della cabina ed il campo elettromagnetico di 100 μT viene attenuato a circa 2,2 μT sulle pareti esterne del manufatto, rispettando in questo modo le prescrizioni vigenti richieste dal DPCM 8/7/2003.

In ogni caso, si precisa che le aree che si trovano all'interno della fascia di rispetto, sono tutte destinate al solo transito di personale/veicoli inerenti l'attività.

I tempi di permanenza nella suddetta fascia risultano inferiori alle 4 ore giornaliere.

Oltre agli elementi precedentemente descritti, non sono presenti altre sorgenti significative di campi elettromagnetici normate dal DPCM 8/7/2003.

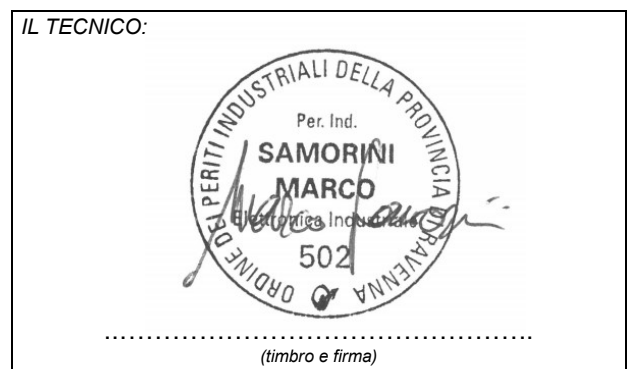
11) ALLEGATI

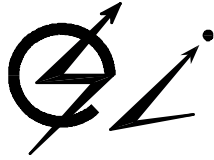
ALLEGATO 1: planimetria della Cabina 2 stabilimento Tema Sinergie S.p.A. con evidenziata la distanza di prima approssimazione come definita dal DPCM 8/7/2003.

ALLEGATO 2: documento di validazione del software utilizzato per il calcolo

La presente relazione è parte integrante della documentazione di progetto e si compone di n° 15 pagine numerate dal n° 1 al n° 15.

Data emissione: **Settembre 2021**

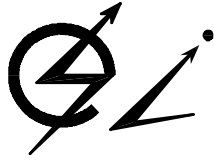




Studio Tecnico Associato
E. S. I. PROJECT

Elettro Soluzioni Impiantistiche
di FABBRI Andrea GHEZZI Marco SAMORINI Marco
Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ
Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483
info@esiprj.it - www.esiprj.it

PLANIMETRIE
CABINA DI TRASFORMAZIONE



Studio Tecnico Associato
E. S. I. PROJECT

Elettro Soluzioni Impiantistiche
di FABBRI Andrea GHEZZI Marco SAMORINI Marco
Viale Bologna n° 310 - 47122 FORLÌ
Tel 0543 - 756688 - Fax 0543 - 754483
info@esiprj.it - www.esiprj.it

**DOCUMENTO DI VALIDAZIONE
DEL SOFTWARE UTILIZZATO
PER IL CALCOLO**



Documento di Validazione

Algoritmi di calcolo del software MAGIC[®] (MAGnetic Induction Calculation)

Revisione	Data	Elaborato	Approvato
05	11/01/2021	M.F.	S.G.
00 Emissione	07/01/2014	D.B.	M.M.

Sommario

Premessa.....	3
1 Verifica del modulo bidimensionale.....	3
1.1 Confronto con CEI 211-04.....	3
1.2 Confronto con codice CESI.....	4
2 Verifica del modulo tridimensionale.....	7
2.1 Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato.....	7
2.2 Validazione sperimentale del modulo tridimensionale.....	8
3 Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza.....	9
3.1 Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method).....	9
3.2 Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali.....	12
Conclusioni.....	13

Premessa

Il presente documento riporta le verifiche funzionali del software MAGIC® attraverso il confronto con software già esistenti e di comprovata validità e con rilievi sperimentali.

Il confronto si sviluppa in tre parti:

- 1) verifica del modulo bidimensionale
- 2) verifica del modulo tridimensionale
- 3) verifica del modulo tridimensionale di configurazioni impiantistiche con particolare riferimento al trasformatore di potenza

Le principali caratteristiche del software MAGIC® sono:

- a) software bi-tridimensionale
- b) integrazione della formula di Biot-Savart
- c) dominio infinito (nessuna condizione al contorno necessaria)
- d) trascurati effetti di mitigazione del campo dovuto a schermatura di fatto (analisi conservativa)
- e) sovrapposizione degli effetti
- f) analisi in regime simbolico (calcolo dei moduli e delle fasi)

Il software è stato sviluppato da tecnici specializzati con la collaborazione e la supervisione di docenti e ricercatori del Politecnico di Torino – Dipartimento Energia (prof. Aldo Canova e Ing. Luca Giaccone).

1 Verifica del modulo bidimensionale

La verifica del modulo bidimensionale è stata condotta mediante confronto con la formulazione analitica, come indicato dalla CEI 211-04, e mediante confronto con un codice di calcolo sviluppato dal CESI.

1.1 Confronto con CEI 211-04

Una possibile validazione del programma utilizzato può essere effettuata confrontando il campo calcolato con il programma stesso e quello calcolato per via analitica, secondo la norma CEI 211-4 paragrafo 4.3, su di un caso in cui questa seconda procedura è applicabile in modo esatto. Tale caso si riferisce ad un sistema di conduttori rettilinei, paralleli e indefiniti.

Sotto queste ipotesi l'induzione magnetica \mathbf{B} è data dall'espressione:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^N \frac{\bar{I}_k}{d_k} \bar{u}_l \times \bar{u}_r \quad (1)$$

in cui N è il numero dei conduttori, d è la distanza tra il conduttore k -esimo e il punto di calcolo; i vettori \bar{u}_l e \bar{u}_r indicano, rispettivamente, il verso della corrente e della relativa normale; \times indica il prodotto vettoriale.

In particolare è stato analizzato il caso, che verrà riportato successivamente, relativo ad una linea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di 310 A. Come si può osservare dalla figura 1, le due curve sono praticamente coincidenti.

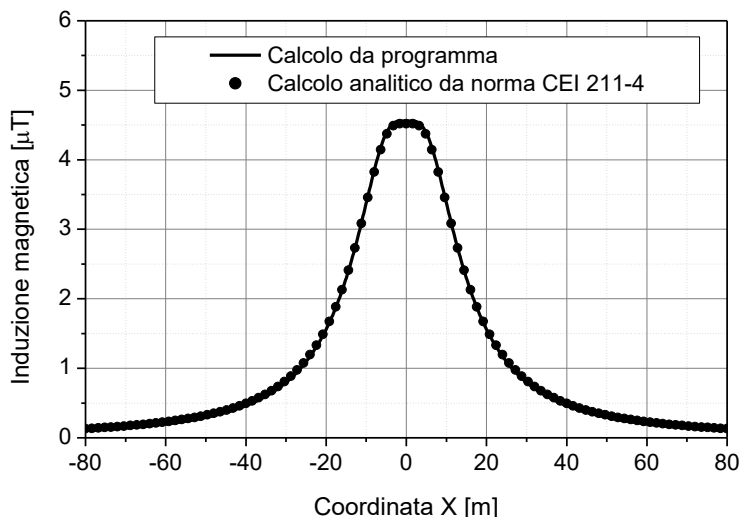


Figura 1: Induzione magnetica al suolo in prossimità di una linea aerea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di 310: confronto tra MAGIC® e formula analitica CEI 211-4

Come si può osservare il profilo di induzione magnetica ottenuto dal software MAGIC® coincide esattamente con i punti calcolati mediante la formula analitica CEI 211-4.

1.2 Confronto con codice CESI

L'analisi del campo magnetico prodotto è stata condotta su due terne trifase di cavi affiancate. Le sezioni di affiancamento riguardano (Fig. 2):

- Buca giunti (interasse 70 cm e livello di interramento pari a 1.25 m)
- Formazione piana (interasse 35 cm e livello di interramento pari a 1.25 m)
- Distanza tra le due terne: 4m

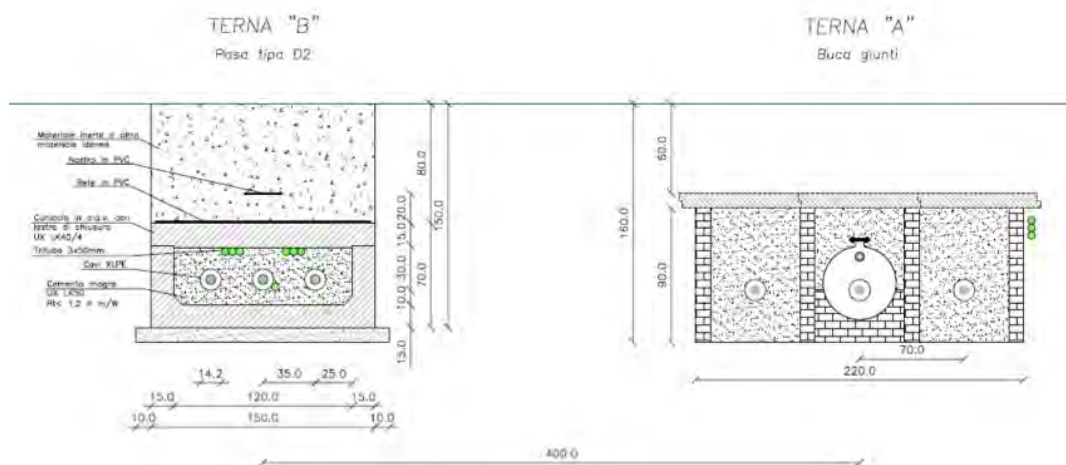


Figura 2: Affiancamento tra due linee interrate AT

Condizioni di carico e relazioni di fase:

- Terna B: $I_{eff} = 1500$ A (RST)
- Terna A: $I_{eff} = 1500$ A (TSR)

La configurazione analizzata mediante il codice sviluppato dal CESI porta alla distribuzione di campo riportata in Figura 3.

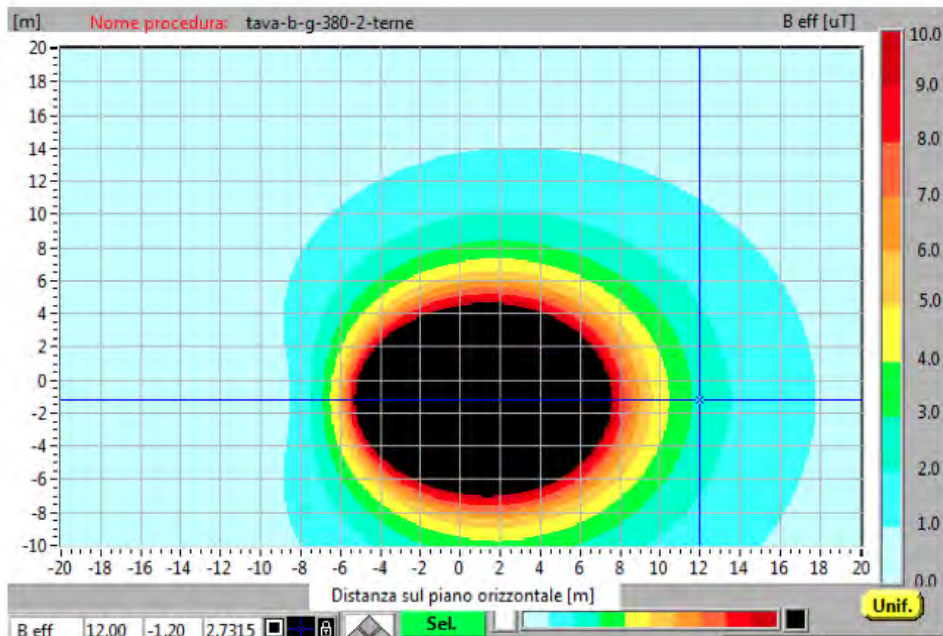


Figura 3: Mappa cromatica delle induzioni magnetiche calcolata mediante software CESI

La stessa configurazione è stata analizzata mediante il codice MAGIC[®] e può essere studiata attraverso due possibili funzioni messe a disposizione dal software:

- Terne parallele
- Multiconduttori 2D

In questo documento verrà utilizzato il Multiconduttore 2D (Fig. 4) che permette di definire un sistema di N conduttori posizionati arbitrariamente in cui viene applicata una corrente arbitraria.

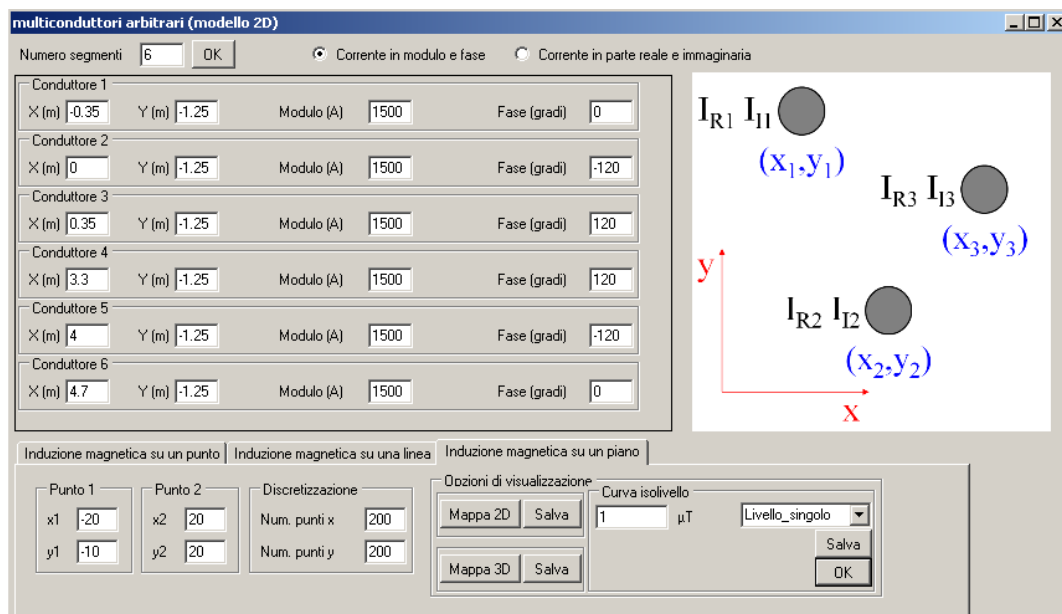


Figura 4: Schermata di ingresso modulo “multiconduttori arbitrari (modello 2D)”: dati definizione geometria e sorgenti

Nella seguente Fig. 5 è riportata la “geometria” del sistema che può essere visualizzata al termine dell’inserimento dati.

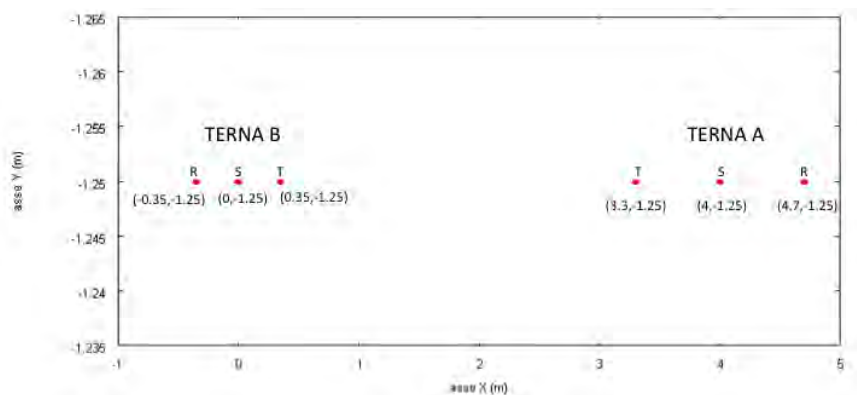


Figura 5: Geometria sorgenti

In Fig. 6 è riportata la mappa cromatica dell’induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):

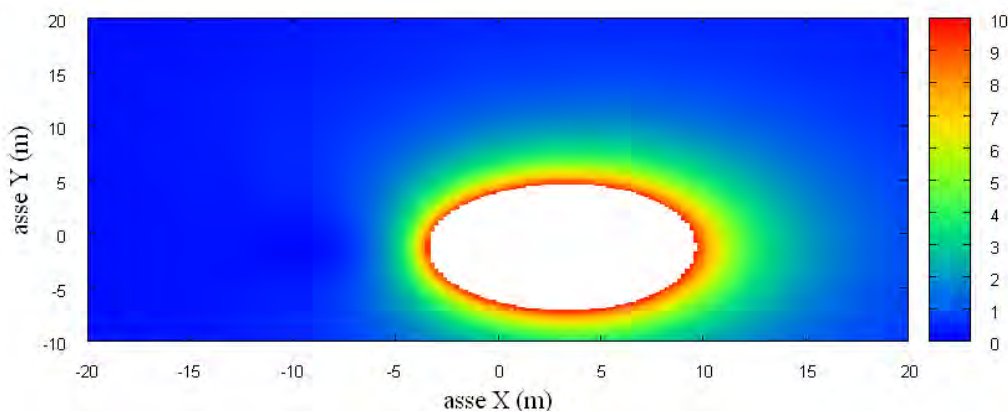


Fig. 6: Mappa cromatica dell’induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):

In Fig. 7 sono riportate le linee isolivello dell’induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) visualizzabili dal software MAGIC®.

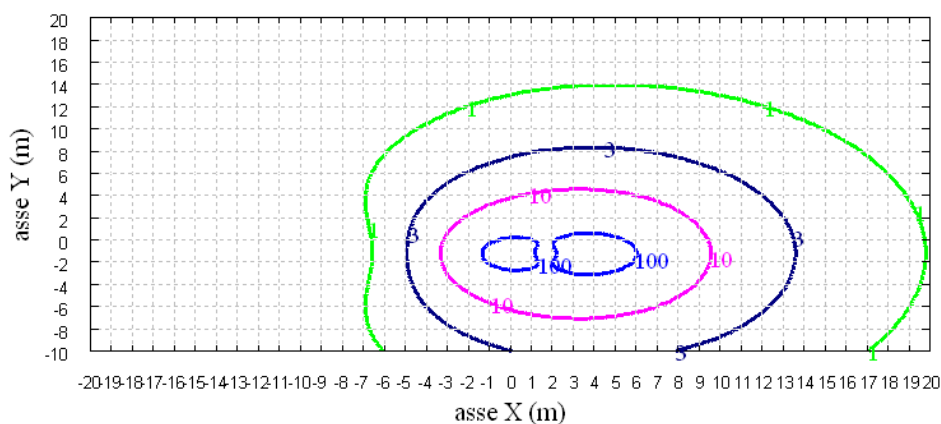
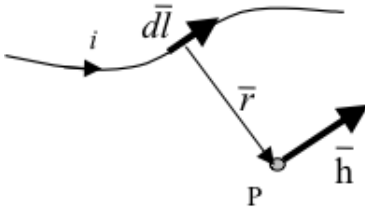


Fig. 7 Linee isolivello dell’induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) da software MAGIC®.

Come si può osservare le mappe cromatiche dei due modelli risultano essere in perfetto accordo.

2 Verifica del modulo tridimensionale

Il modulo tridimensionale del MAGIC® si basa principalmente sull'integrazione della formula di Biot-Savart:

$\vec{h} = \int \frac{i d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$	
---	--

Nelle configurazioni impiantistiche si ha spesso a che fare con fasci di cavi che il cui profilo copre percorsi approssimabili con buona precisione a delle spezzate tridimensionali. Ogni spezzata è quindi modellabile mediante una successione di segmenti opportunamente orientati nello spazio. Ne consegue che, sapendo valutare il campo di un segmento arbitrariamente orientato nello spazio, è possibile calcolare il campo prodotto da un fascio di cavi mediante la sovrapposizione degli effetti di tutti i segmenti costituenti il fascio.

2.1 Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato

Si consideri il segmento rappresentato nella Fig. 8.

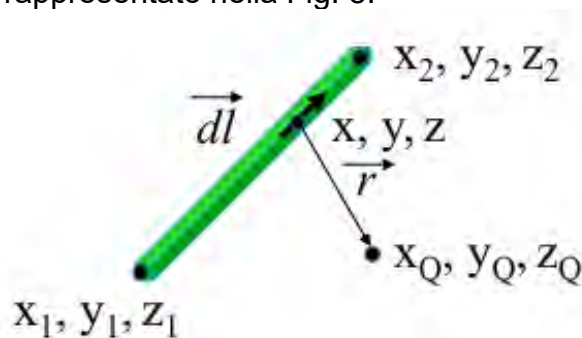


Fig. 8: Modello del segmento.

L'equazione del segmento in forma parametrica diventa la seguente:

$$\hat{x} = x_1 + (x_2 - x_1)t$$

$$\hat{y} = y_1 + (y_2 - y_1)t$$

$$\hat{z} = z_1 + (z_2 - z_1)t$$

Si consideri inoltre che:

$$\vec{r} = (x_Q - x)\vec{a}_x + (y_Q - y)\vec{a}_y + (z_Q - z)\vec{a}_z$$

$$d\vec{l} = dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z$$

Facendo le opportune sostituzioni, la formula di Biot-Savart può essere risolta conducendo ad una formula chiusa per il calcolo delle tre componenti di campo H_x , H_y e H_z (ovvero B_x , B_y e B_z). L'integrazione, sebbene sia macchinosa e porti ad espressioni analitiche poco compatte, può essere semplicemente risolta mediante l'utilizzo di un processore simbolico. Per tutti i dettagli circa l'integrazione si consideri la seguente referenza:

Canova A.; F. Freschi; M. Repetto; M. Tartaglia, (2005), *Description of Power Lines by Equivalent Source System*. In: COMPEL, vol. 24, pp. 893-905. - ISSN 0332-1649

2.2 Validazione sperimentale del modulo tridimensionale

In Fig. 9 viene rappresentata una spira costituita da 4 conduttori rettilinei che ben rappresenta una sorgente di tipo tridimensionale.

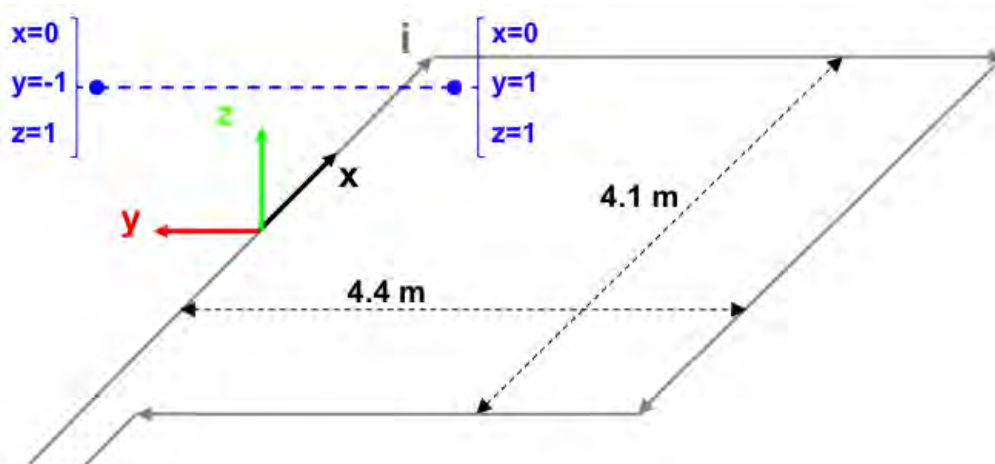


Fig. 9: Schema di spira quadrata.

Nella stessa immagine viene rappresentata una linea di confronto con le seguenti caratteristiche:

- È posta a 1 m da terra → $z = \text{costante} = 1\text{ m}$
- Si estende lungo l'asse y → $x = \text{costante} = 0\text{ m}$
- È lunga due metri: → y minimo = -1 m , y massimo = 1 m

Su tale linea di confronto sono state eseguite delle misure sperimentali mediante sistema composto da sonda PMM-EHP50 C le cui caratteristiche sono riportate nel seguente elenco:

- Range di frequenze 5Hz – 100 kHz
- Range di campo elettrico 0.01 V/m – 100 kV/m
- Range di campo magnetico 1 nT – 10 mT
- Risoluzione 0.01 V/m - 1 nT
- Tempo di campionamento 30, 60 sec
- Massima acquisizione 1600 ore con acquisizione ogni 60 sec.
- SPAN 100, 200,500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz, 100 kHz

Viene infine eseguito il confronto tra misure sperimentali e calcolo eseguito mediante software MAGIC[®]. I risultati di confronto sono riassunti nella seguente figura.

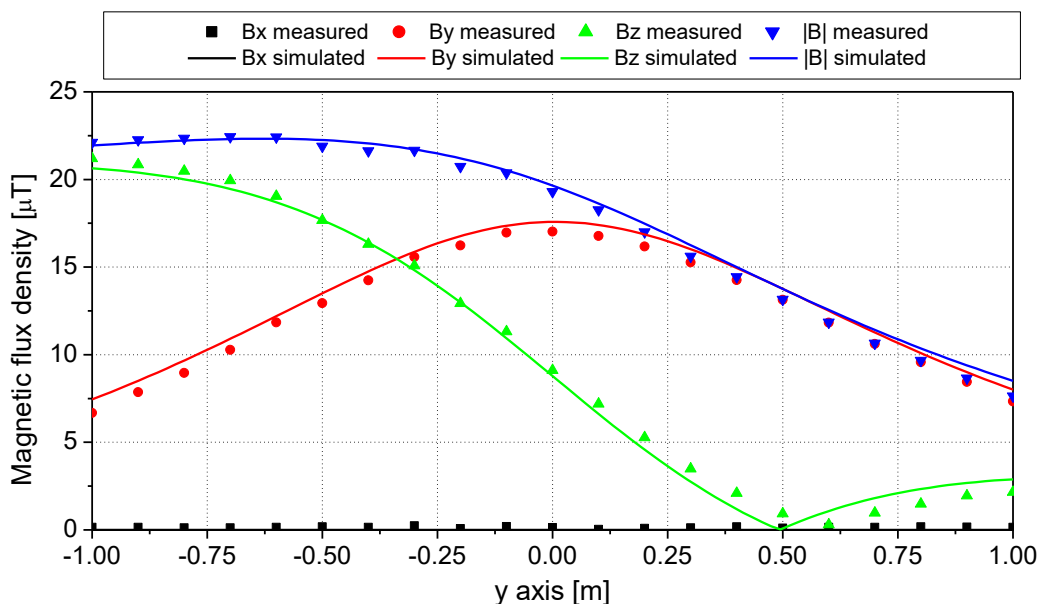


Fig. 10: Induzione magnetica misurata e calcolata mediante software MAGIC®.

Si dimostra quindi che le misure sperimentali sono in perfetto accordo con il modello implementato nel software MAGIC®.

3 Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza

In questa sezione vengono riportati i principali risultati ottenuti utilizzando il software MAGIC® nella simulazione dei campi generati da un trasformatore in resina (il trasformatore in olio rappresenta una situazione semplificata rispetto a quello in resina).

La validazione è condotta in due step:

- Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)
- Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali

Maggiore dettaglio sui confronti sono riportati nella seguente referenza:

A. Canova, L. Giaccone, M. Manca, R. Turri, P. Casagrande, "Simplified power transformer models for environmental magnetic impact analysis", 2° Int. Conf. on EMF-ELF, Paris, 24-25 Marzo 2011.

3.1 Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)

MAGIC® propone due diversi modelli per il trasformatore: il primo di tipo semplificato e valido a partire da circa 0.5-1m dal trasformatore, il secondo più rigoroso valido anche a piccole distanze dal trasformatore. Nel seguito i due modelli verranno indicati come Modello 1 e Modello 2.

Un primo confronto tra i due modelli è stato effettuato con un codice agli elementi finiti (FEMM) di tipo assialsimmetrico. In Figura 11 sono riportate le principali dimensioni del caso analizzato: avvolgimento primario e secondario di un trasformatore di 630 kVA in resina e l'indicazione delle linee di calcolo.

Nei calcoli che seguono i due avvolgimenti sono caratterizzati dalle stesse amperspire in opposizione ($N1 \cdot I1 = N2 \cdot I2$) e verranno considerate, come sorgenti, le correnti nominali.

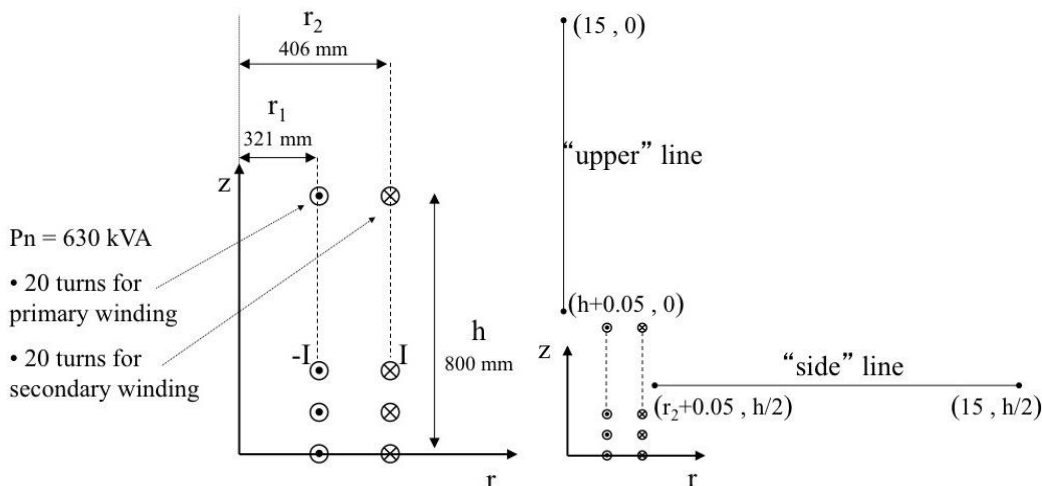


Fig. 11. Geometria del sistema (1) e linee di calcolo (2)

Le Fig. 12 e 13 mostrano, rispettivamente, i valori di induzione magnetica lungo la linea ad 1m dal lato degli avvolgimenti e lungo la linea ad 1.5 m sopra gli avvolgimenti. Le figure mettono a confronto il “modello 1 e 2” ed il calcolo, assunto come riferimento, effettuato mediante codice FEM.

Si può osservare un ottimo accordo tra i “modelli 1 e 2” adottati nel MAGIC® lungo entrambe le linee mentre per distanze inferiori al metro il modello semplificato, con particolare riferimento al campo lungo la linea verticale, risulta portare a delle discrepanze significative. Per tali distanze è pertanto conveniente utilizzare il “modello 2” che risulta più accurato a spese di un maggiore peso computazionale (nell'ordine comunque delle decine di secondi).

I modelli inseriti nel MAGIC® sono inoltre confrontati con il modello proposto da un altro software commerciale (EFC-400) che verrà denominato “Modello 3”. Tale modello è basato sull'ipotesi che il campo magnetico disperso, essendo correlato con la reattanza di dispersione del trasformatore, risulta quantitativamente correlato alla tensione di corto circuito. Il modello proposto da EFC-400 è quindi costituito da un unico avvolgimento (che sintetizza il primario ed il secondario) percorso da una corrente ridotta, rispetto alla corrente nominale, secondo la seguente formula:

$$I = I_R \cdot \frac{V_{SC} \%}{100} \quad (14)$$

in cui I_R è la corrente nominale (di primario o secondario) e V_{SC} è la tensione di cortocircuito percentuale. Può essere utilizzata la corrente di primario o di secondario (I_{R1} o I_{R2}) e corrispondentemente occorre considerare le spire di primario o secondario (N_1 e N_2).

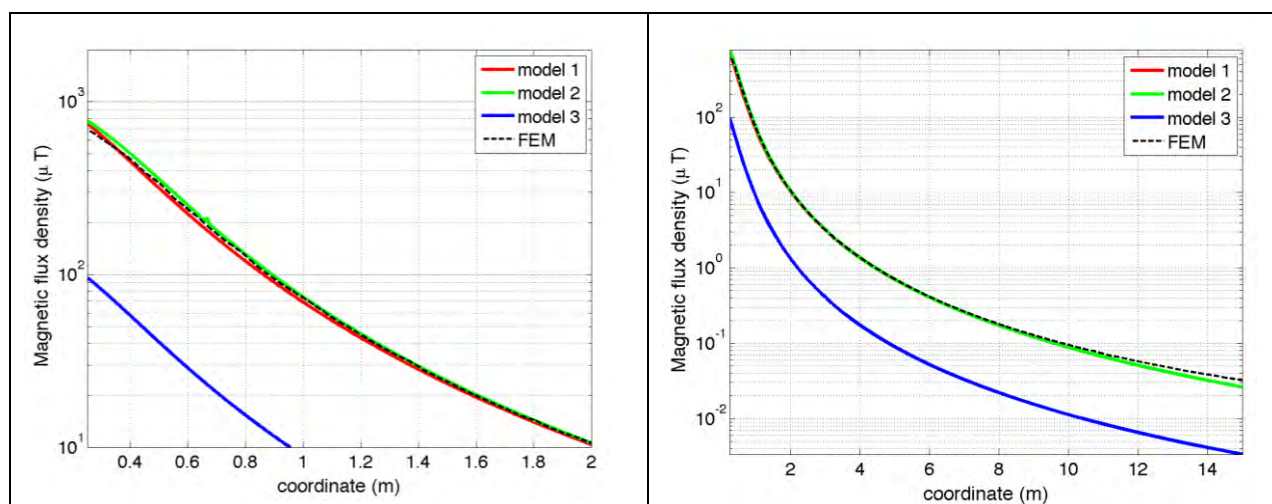


Fig. 12. Induzione magnetica lungo la linea laterale

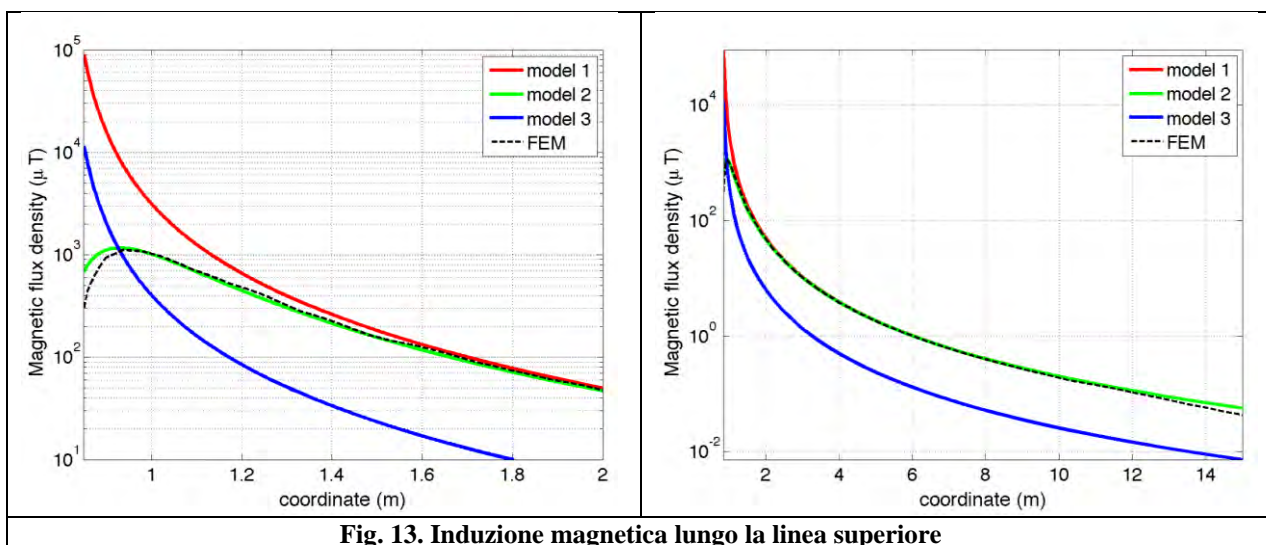


Fig. 13. Induzione magnetica lungo la linea superiore

Come si può osservare dai profili di induzione magnetica il modello 3 risulta scarsamente idoneo a modellare i due avvolgimenti concentrici di primario e secondario.

3.2 Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali

In questo paragrafo i modelli vengono confrontati con dati sperimentali. Il caso analizzato si riferisce ad un trasformatore in resina da 630 kVA, 15kV/400V, funzionante in condizioni di corto circuito (Fig. 14). Il trasformatore viene alimentato con una tensione che fa circolare negli avvolgimenti una corrente pari al 42% della corrente nominale, si ha quindi 10.4 A di primario (lato MT) e 390 A di secondario (lato BT). Il modello del trasformatore risulta quindi completo e costituito da tutti gli avvolgimenti delle tre fasi.

Le linee di calcolo S1 ed S2 (Fig. 15) sono poste ad 1.5m dal piano di appoggio del trasformatore. E' importante sottolineare che il contributo dei terminali di BT influisce significativamente il campo magnetico ambientale, specialmente nella direzione S1. Pertanto, l'introduzione di tali sorgenti aggiuntive agli avvolgimenti porta ad una riduzione degli scostamenti tra i vari modelli.

In Fig. 16 e 17 sono riportati i confronti tra le induzioni magnetiche, lungo le linee S1 ed S2, misurate e calcolate con i diversi modelli.

Come si può osservare, in particolare per la linea S2 (dove il contributo delle connessioni è trascurabile) il modello 1 ed il modello 2 approssimano in modo soddisfacente i dati sperimentali.

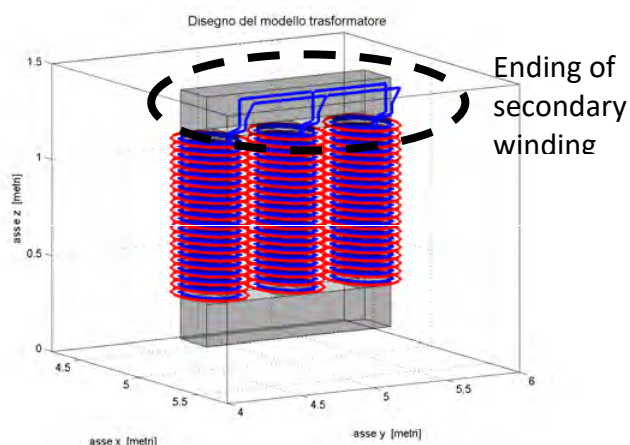


Fig. 14: Connessioni elettriche considerate ai lati BT.

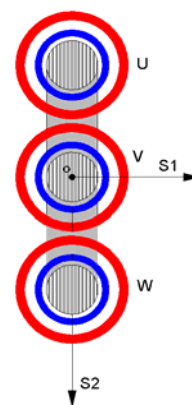


Fig. 15: Linee di calcolo S1 ed S2

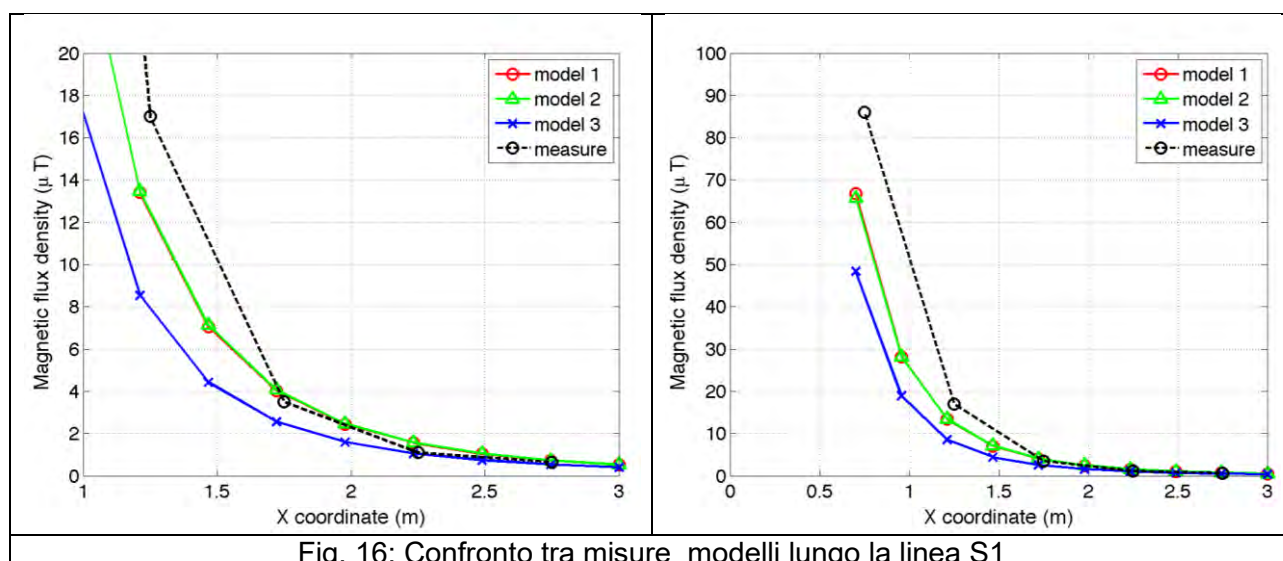


Fig. 16: Confronto tra misure modelli lungo la linea S1

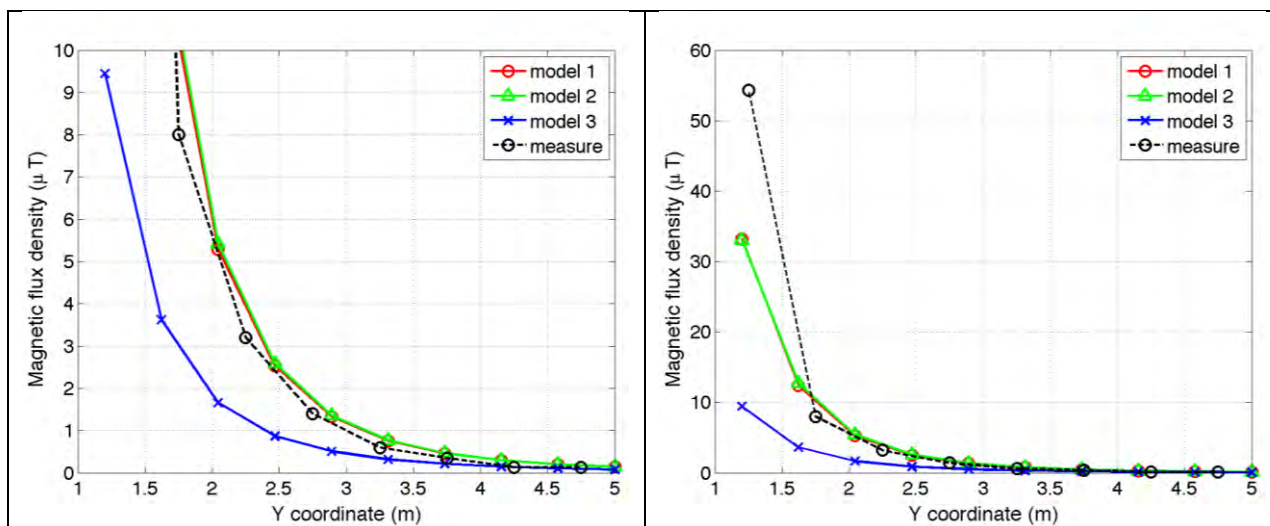


Fig. 17. Confronto tra misure modelli lungo la linea S2

Conclusioni

Il presente documento si propone di fornire alle autorità competenti tutti gli elementi necessari affinché il software MAGIC® possa essere validato secondo quanto richiesto dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

Come indicato nell’art. 5.1.2 (Calcolo delle fasce di rispetto per linee elettriche) del decreto del 29/05/2008, i modelli tridimensionali non sono ancora standardizzati, tuttavia un software in cui i modelli soddisfino ai seguenti requisiti indicati nel decreto:

“...i modelli utilizzati devono essere descritti in termini di algoritmi implementati, condizioni al contorno e approssimazioni attuate. Essi devono essere validati attraverso misure o per confronto con modelli che abbiano subito analogo processo di verifica. La documentazione esplicativa e comprovante i criteri di cui sopra deve essere resa disponibile alle autorità competenti ai fini dei controlli”, può essere ritenuto idoneo allo scopo e, a tal fine, è stato redatto il presente documento.

Per quanto concerne in particolare le cabine elettriche, la complessità delle sorgenti in esame richiede una valutazione accurata che tenga conto principalmente della tridimensionalità delle singole sorgenti e l’effetto prodotto dalla combinazione delle stesse (sovrapposizione degli effetti). Nelle analisi precedentemente svolte sono stati analizzati e validati i principali componenti costituenti le cabine quali linee elettriche di connessione (tratti di conduttori di lunghezza finita), quadri elettrici (tratti conduttori di lunghezza finita) e trasformatori (elementi toroidali e tratti di conduttore di lunghezza finita).

Dai risultati ottenuti e presentati è quindi possibile concludere che il Software MAGIC® ha le caratteristiche per essere rispondente alle indicazioni richieste dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008, lasciando ovviamente alle autorità competenti la verifica ed il giudizio finale.