

***Valutazione del campo elettromagnetico
presso l'elettrodotto 132 Kv. FS Cascina – Empoli
in loc. Terrafino Via 1° Maggio (Empoli)***

Elaborato		Controllato			Emesso
A.ANDREINI FITZCCO		A.ANDREINI FITZCCO			C.MORANDINI FITZCCO

Indice

1. Premessa.....	3
2. Documentazione di riferimento.....	3
3. Strumentazione utilizzata.....	3
4. Attività svolte.....	4
5. Documentazione prodotta.....	5
6. Analisi delle rilevazioni effettuate.....	6
.....	
.....	

1. Premessa

Su commissione dello studio tecnico dell'Ing. Cerbioni, via Ammannati 4 Empoli (FI) è stato effettuata una valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità della linea elettrica AT Cascina - Empoli (proprietà FS). La valutazione è stata effettuata utilizzando un programma di simulazione EMF-TOOLS Ver. 1.01 validato attraverso misure dirette di campo elettromagnetico effettuate in data 12 Luglio e 27 ottobre 2005.

2. Documentazione di riferimento

- ◆ Normativa CEI 211-6 - Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici 0÷10 kHz
- ◆ Normativa CEI 11-60 – Portata al limite termico delle linee elettriche aree esterne con tensione maggiore di 100 kV.
- ◆ Legge quadro n° 36 del 22/2/2001
- ◆ DPCM 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”
- ◆ Planimetrie delle aree di misurazione forniteci dal committente
- ◆ Manuale dello strumento di misura ESM 100 Volta

3. Strumentazione utilizzata

Misuratore di campo elettrico e magnetico (induzione magnetica) con sonda isotropica ESM 100 Volta (matr. D0448) avente le seguenti caratteristiche:

- ◆ Risposta in frequenza: 5 Hz÷400 kHz
- ◆ Filtro impostato a “low” (5 Hz÷2 kHz)
- ◆ Accuratezza:±5%
- ◆ Range di misura: 1nT÷200uT, 100mV÷20kV/m

- ♦ Certificazione NPL (data di scadenza di taratura 10/7/2006)

Lo strumento ESM 100 misura il valore efficace della risultante delle tre componenti X,Y,Z del campo elettrico e il valore efficace della risultante delle tre componenti X,Y,Z dell'induzione magnetica.

4. Attività svolte

E' stata effettuata una simulazione con il programma EMF-TOOLS vers. 1.01 prendendo a riferimento il valore della portata in corrente della linea calcolato secondo le norme CEI 11-60 paragrafo 3 per valutare i valori di campo magnetico presenti in prossimità della linea.

Gli elementi che concorrono alla determinazione di tale valore sono essenzialmente:

- tensione nominale della linea
- diametro e caratteristiche meccaniche del conduttore
- zona climatica

Le norme prevedono inoltre, per il calcolo della portata in corrente di una linea, la divisione dell'anno solare in due periodi stagionali: caldo (periodo C) e freddo (periodo F). Ciò ha determinato l'individuazione di due livelli di corrente che abbiamo inserito nel programma di calcolo suddetto: **335 A. per il periodo caldo** (comprendente di norma i mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre) e **470 A. per quello freddo** (comprendente gli altri mesi dell'anno).

I valori ottenuti dal programma di calcolo sono riportati nelle tabelle dei fogli di lavoro denominati "Tabella rilievi CM calcolati" e "Tabella ordinata rilievi CM",

E' stata successivamente effettuata un'attività di rilievo sia del campo magnetico sia di quello elettrico secondo le seguenti modalità.

L'attività in campo è stata preceduta da una attività di predisposizione della documentazione, necessaria per poter effettuare i rilievi in oggetto, e da un sopralluogo preliminare avvenuto in data 5 luglio per rilevare le necessarie distanze e l'altezza della linea elettrica rispetto al terreno.

Nelle zona dove sono state effettuate le misure, la sorgente di irradiazione di campo elettromagnetico a 50 Hz è costituita esclusivamente dalla linea elettrica AT 132Kv. Cascina-Empoli (cod. linea F01) di proprietà RFI. Per poter effettuare una analisi dei risultati più accurata sono state inoltre acquisite, nella fascia oraria di effettuazione delle misure, le registrazioni dell'andamento della corrente di carico della linea elettrica.

Le modalità di misura adottate prendono a riferimento la **normativa CEI 211-6**. La sonda triassiale dello strumento misura è stata posta ad un'altezza di 1 m. dal piano di calpestio, come appunto indicato nella guida CEI 211-6, per una corretta caratterizzazione dell'esposizione umana.

Per effettuare i rilievi richiesti abbiamo costruito una griglia di misura che potesse coprire l'intera area di interesse (vedi disegno in formato .dwg "Empoli griglia misure").

5. Documentazione prodotta

◆ **Tabelle misure (file in formato .xls denominato "Tabella rilievi")**

In tale file sono contenute le tabelle delle misure realmente effettuate in data 27 ottobre e le tabelle rilievi ottenute applicando un programma di calcolo (EMF-Tools v1t) per ricavare il valore di campo magnetico alla portata in corrente tipica della linea elettrica sotto misura. Sono riportati infine gli scostamenti tra valore calcolato e quello rilevato direttamente sul campo.

◆ **Disegno in formato .dwg vers. 14 (file "CEM Empoli profilo linea FS")**

In tale disegno sono visualizzati i profili laterali utilizzati per effettuare i rilievi con le rispettive distanze dal centro del sostegno della linea (ubicato nella zona sotto misura) e della linea elettrica (conduttore centrale) dal piano di calpestio.

◆ **Disegno in formato .dwg vers. 14 (file "CEM Empoli griglia misure")**

Il disegno in oggetto contiene la griglia di misura che abbiamo costruito per effettuare i rilievi; detta griglia è costituita da 77 punti di misura.

◆ **Disegno in formato .dwg vers. 14 (file "CEM Empoli mappa rilievi")**

Su tale disegno sono stati riportati in forma grafica i risultati dei calcoli effettuati.

.Sul piano "Rilievi_calcolati_c" sono visualizzati i risultati del modello di calcolo applicato alla corrente di carico di 335 A. (periodo caldo).

Sul piano "Rilievi_calcolati_f" sono invece visualizzati gli stessi risultati ma con una corrente di carico di 470 A. (periodo freddo).

6. Analisi delle rilevazioni effettuate

a) Campo magnetico

L'analisi dei risultati è stata effettuata prendendo in considerazione due diversi livelli di corrente: 335 A. (periodo caldo) e 470 A. (periodo freddo) ed è da sottolineare la buona coincidenza dei valori rilevati il 27/10/05 e i valori generati dal programma di calcolo.

In riferimento alla legge 36 del febbraio 2001 e relativo decreto attuativo, si ricorda che sono stati fissati e definiti alcuni valori caratteristici di campo magnetico. In particolare è stato definito all'art.4 di suddetto decreto il valore di **3 μ T** come obbiettivo di qualità nella progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio operanti alla frequenza di 50 Hz.

In riferimento a tale valore il programma di calcolo ha individuato, come era peraltro lecito attendersi, nel **profilo laterale 1**, che sarà pertanto alla base delle nostre considerazioni, quello con i valori relativi più alti.

- Con il livello di corrente pari a **335 A.** il valore dell'induzione magnetica calcolata sarà **superiore a 3 μ T dal centro della linea fino a -14 mt. circa** lungo la linea del profilo. A -15 mt. di distanza avremo un valore di campo magnetico di 2,663 μ T, mentre a -20 mt. tale valore sarà già sceso a 1,713 μ T. Aumentando la distanza dal centro della linea il valore del campo magnetico decrescerà ulteriormente (a -35 mt. sarà di 0,618 μ T fino ad assumere il valore di 0,308 μ T a -50 mt.).
- Con il livello di corrente di **470 A.** il valore dell'induzione magnetica calcolata sarà invece **superiore a 3 μ T dal centro della linea fino a -18 mt. circa** lungo la linea del profilo. A -20 mt. avremo un valore di 2,403 μ T, mentre a -25 mt. il valore del campo magnetico sarà già sceso sotto i 2 μ T (esattamente 1,628 μ T). Il valore del campo magnetico decrescerà ulteriormente a 0,867 μ T (-35 mt.) fino a portarsi a 0,433 μ T (-50 mt.).

Per gli altri profili, in corrispondenza delle medesime distanze dal centro della linea sopra citate, avremo ovviamente un valore di campo magnetico più basso come risulta dalle tabelle allegate alla presente relazione.

b) Campo elettrico

Assieme al campo magnetico è stato inoltre rilevato, negli stessi punti di misura, anche il campo elettrico come riportato nella tabella del file “Tabella rilievi” al foglio “Tabella rilievi CEM effettuati”. I valori rilevati di campo elettrico, che come è noto, a differenza del campo magnetico, può essere facilmente schermato, non seguono in maniera omogenea gli andamenti dei profili laterali per la presenza sul terreno di arbusti ed altri vari ostacoli naturali che modificano anche in modo sostanziale le misure effettuate. Si rileva tuttavia che in qualsiasi punto di misura il valore del campo elettrico non **supera il limite di esposizione (5 Kv/m)** stabilito all’art. 3 del decreto attuativo precedentemente citato e che il valore più alto in assoluto si raggiunge sotto la fase nel punto 8/PRF1(circa 4 Kv/mt). Tale valore inoltre decresce, come era lecito attendersi, via via che ci si allontana dalla linea elettrica fino a raggiungere il valore di circa 140 V/mt a 50 mt. dalla linea. Si sottolinea inoltre che per il campo elettrico, a differenza di quanto fatto per quello magnetico, non è stato applicato il modello di calcolo a correnti più elevate in quanto tale studio sarebbe stato poco significativo dal momento che il campo elettrico dipende essenzialmente dalla tensione della linea e che comunque il fabbricato che eventualmente sorgerà nella zona costituirà di per sé un ulteriore schermo naturale.

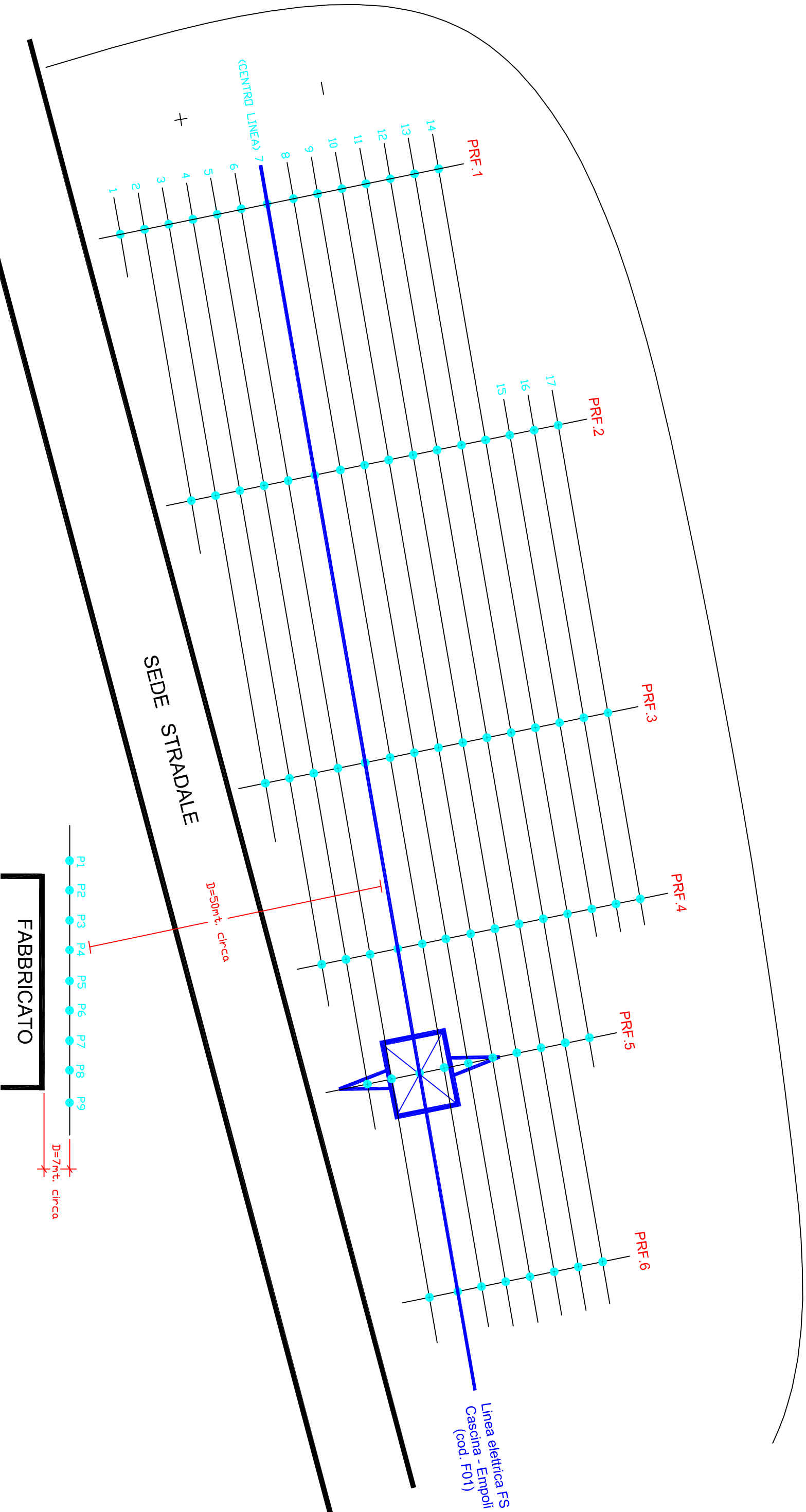
.....

Tabella ordinata rilievi campo magnetico linea FS Cascina - Empoli
(confronto tra le misure effettuate e quelle rilevate col programma di calcolo)


Punto di misura	Profilo laterale	Distanza dal centro della linea (mt.)	ESM 100 volta Valore misurato (μT) $\pm 5\%$ ($I_c = 42 - 83 A$)	EMF v1.0 Valore calcolato (μT)	Scostamento (valore misurato-valore calcolato) (μT)	Valore calcolato (zona A) periodo C ($I_c = 335 A$) (μT)	valore calcolato (zona A) periodo F ($I_c = 470 A$) (μT)
1	1	30	0,11	0,12	-0,009	0,8	1,124
2	1	25	0,17	0,170	-0,01	1,12	1,57
3	1	20	0,23	0,26	-0,02	1,64	2,3
4	1	15	0,39	0,410	-0,02	2,54	3,57
5	1	10	0,63	0,66	-0,030	3,96	5,56
6	1	5	0,95	0,96	0	5,43	7,62
7	1	0	0,84	0,81	0,03	6,04	8,47
8	1	-5	0,701	0,700	0	5,58	7,83
9	1	-10	0,57	0,59	-0,020	4,14	5,81
10	1	-15	0,340	0,36	-0,02	2,66	3,74
11	1	-20	0,26	0,27	-0,01	1,71	2,4
12	1	-25	0,21	0,215	0	1,160	1,63
13	1	-30	0,11	0,12	0	0,83	1,16
14	1	-35	0,098	0,09	0	0,62	0,87
2	2	25	0,17	0,18	-0,01	1,05	1,47
3	2	20	0,23	0,25	-0,01	1,49	2,09
4	2	15	0,352	0,35	0,01	2,19	3,07
5	2	10	0,5	0,510	-0,01	3,16	4,44
6	2	5	0,589	0,57	0,02	4,11	5,77
7	2	0	0,98	0,95	0,030	4,52	6,35
8	2	-5	1,01	0,993	0,02	4,210	5,91
9	2	-10	0,8	0,81	-0,02	3,29	4,61
10	2	-15	0,44	0,45	-0,01	2,28	3,2
11	2	-20	0,28	0,287	-0,01	1,550	2,17
12	2	-25	0,17	0,18	-0,007	1,09	1,522
13	2	-30	0,13	0,130	0	0,790	1,11
14	2	-35	0,09	0,09	0,000	0,6	0,84
15	2	-40	0,07	0,08	-0,005	0,47	0,652
16	2	-45	0,06	0,06	0	0,37	0,52
17	2	-50	0,06	0,06	0	0,3	0,43
3	3	20	0,2	0,2	-0,006	1,19	1,667
4	3	15	0,29	0,313	-0,03	1,590	2,23
5	3	10	0,4	0,400	0	2,06	2,9
6	3	5	0,53	0,53	0	2,48	3,47
7	3	0	0,48	0,5	-0,020	2,66	3,73
8	3	-5	0,38	0,38	0	2,52	3,53
9	3	-10	0,29	0,29	0	2,12	2,98
10	3	-15	0,26	0,250	0,01	1,64	2,31
11	3	-20	0,17	0,17	0	1,23	1,72
12	3	-25	0,132	0,140	-0,01	0,919	1,29
13	3	-30	0,11	0,11	0,01	0,7	0,98
14	3	-35	0,092	0,089	0	0,544	0,76
15	3	-40	0,08	0,08	0,01	0,43	0,61
16	3	-45	0,072	0,070	0	0,350	0,49

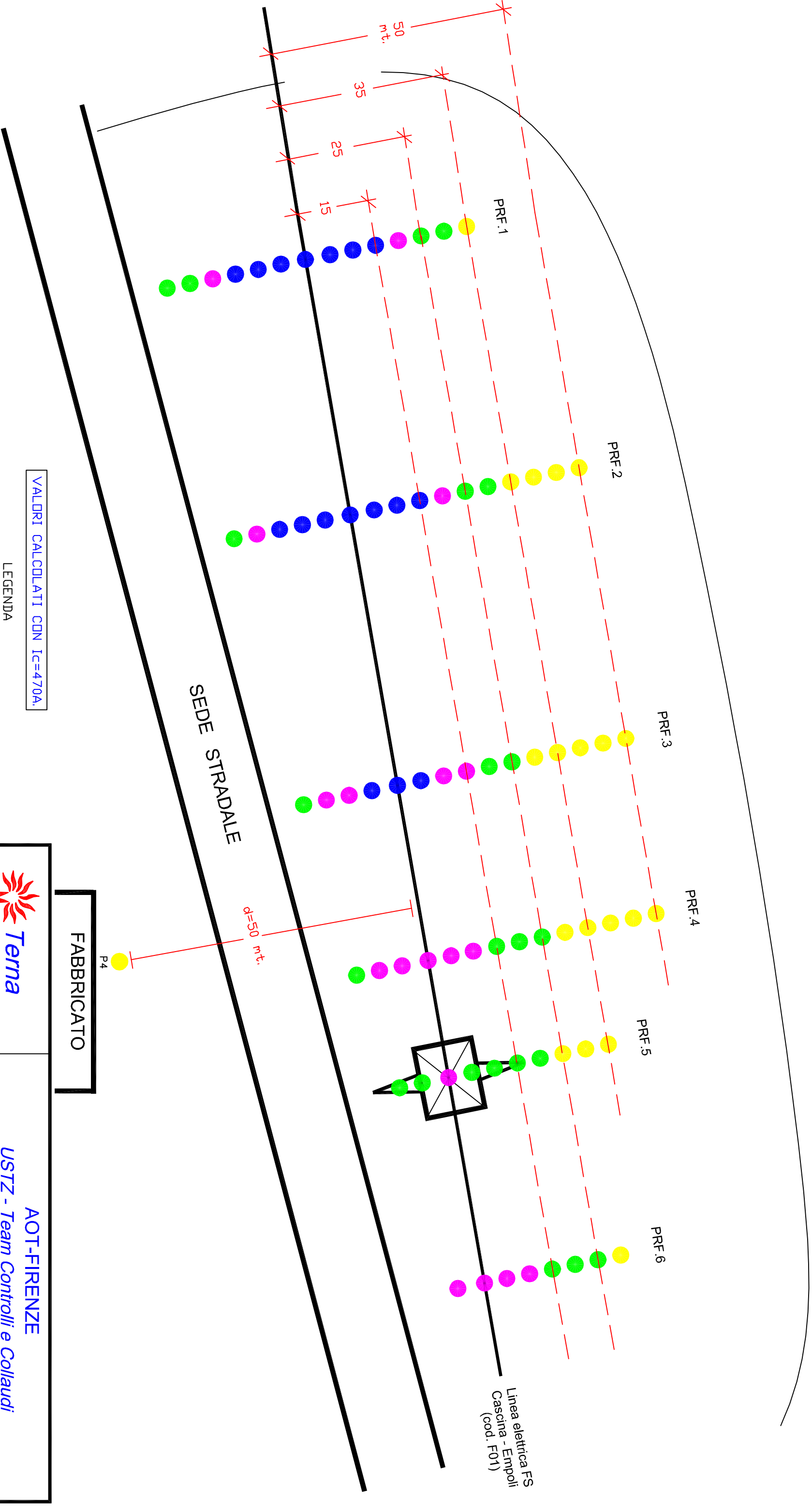
Tabella ordinata rilievi campo magnetico linea FS Cascina - Empoli
(confronto tra le misure effettuate e quelle rilevate col programma di calcolo)

Punto di misura	Profilo laterale	Distanza dal centro della linea (mt.)	ESM 100 volta Valore misurato (μT) $\pm 5\%$ ($I_c = 42 - 83 A$)	EMF v1.0 Valore calcolato (μT)	Scostamento (valore misurato- valore calcolato) (μT)	Valore calcolato (zona A) periodo C ($I_c = 335 A$) (μT)	valore calcolato (zona A) periodo F ($I_c = 470 A$) (μT)
17	3	-50	0,07	0,060	0,01	0,29	0,41
4	4	15	0,31	0,32	-0,01	1,36	1,91
5	4	10	0,320	0,34	-0,02	1,7	2,38
6	4	5	0,45	0,45	0	1,98	2,77
7	4	0	0,540	0,55	-0,01	2,1	2,94
8	4	-5	0,39	0,41	-0,02	2	2,81
9	4	-10	0,37	0,38	-0,02	1,74	2,44
10	4	-15	0,327	0,31	0,01	1,4	1,96
11	4	-20	0,23	0,23	0	1,09	1,52
12	4	-25	0,17	0,18	-0,01	0,84	1,17
13	4	-30	0,14	0,13	0	0,65	0,91
14	4	-35	0,1	0,1	0,01	0,52	0,72
15	4	-40	0,07	0,07	0,007	0,41	0,580
16	4	-45	0,051	0,047	0	0,338	0,48
17	4	-50	0,05	0,05	0,01	0,28	0,39
5	5	10	0,21	0,19	0,020	1,24	1,74
6	5	5	0,24	0,22	0,01	1,39	1,95
7	5	0	0,275	0,251	0,02	1,451	2,04
8	5	-5	0,297	0,285	0,01	1,403	1,97
9	5	-10	0,280	0,256	0,02	1,260	1,77
10	5	-15	0,27	0,25	0,02	1,07	1,5
11	5	-20	0,2	0,19	0,01	0,88	1,23
12	5	-25	0,16	0,14	0,018	0,71	0,991
13	5	-30	0,14	0,12	0,02	0,57	0,8
14	5	-35	0,11	0,1	0,02	0,46	0,65
6	6	5	0,35	0,32	0,02	1,81	2,54
7	6	0	0,4	0,38	0,02	1,91	2,69
8	6	-5	0,33	0,31	0,016	1,84	2,574
9	6	-10	0,27	0,24	0,02	1,61	2,25
10	6	-15	0,26	0,22	0,03	1,31	1,84
11	6	-20	0,2	0,19	0,01	1,03	1,45
12	6	-25	0,167	0,17	0	0,81	1,13
13	6	-30	0,13	0,11	0,01	0,63	0,89



Nota: la distanza tra i punti di misura lungo la linea del profilo è di circa 5 mt.

 Terna		AOT-FIRENZE <i>USTZ - Team Controlli e Collaudi</i>	
Linea elettrica FS Cascina - Empoli		Revisioni	
Rilevi campo elettromagnetico Griglia di misura		12-lug-2005	
Scala adattata		File: CEM Empoli griglia misure	
		Dis: <i>Andreini</i>	




VALORI CALCOLATI CON $I_c=470A$.

LEGENDA

valori espressi in μT

- > di 3
- tra 1 e 1,99
- tra 0,2 e 0,99
- tra 2 e 2,99

**Terna**

AOT-FIRENZE
USTZ - Team Controlli e Collaudi

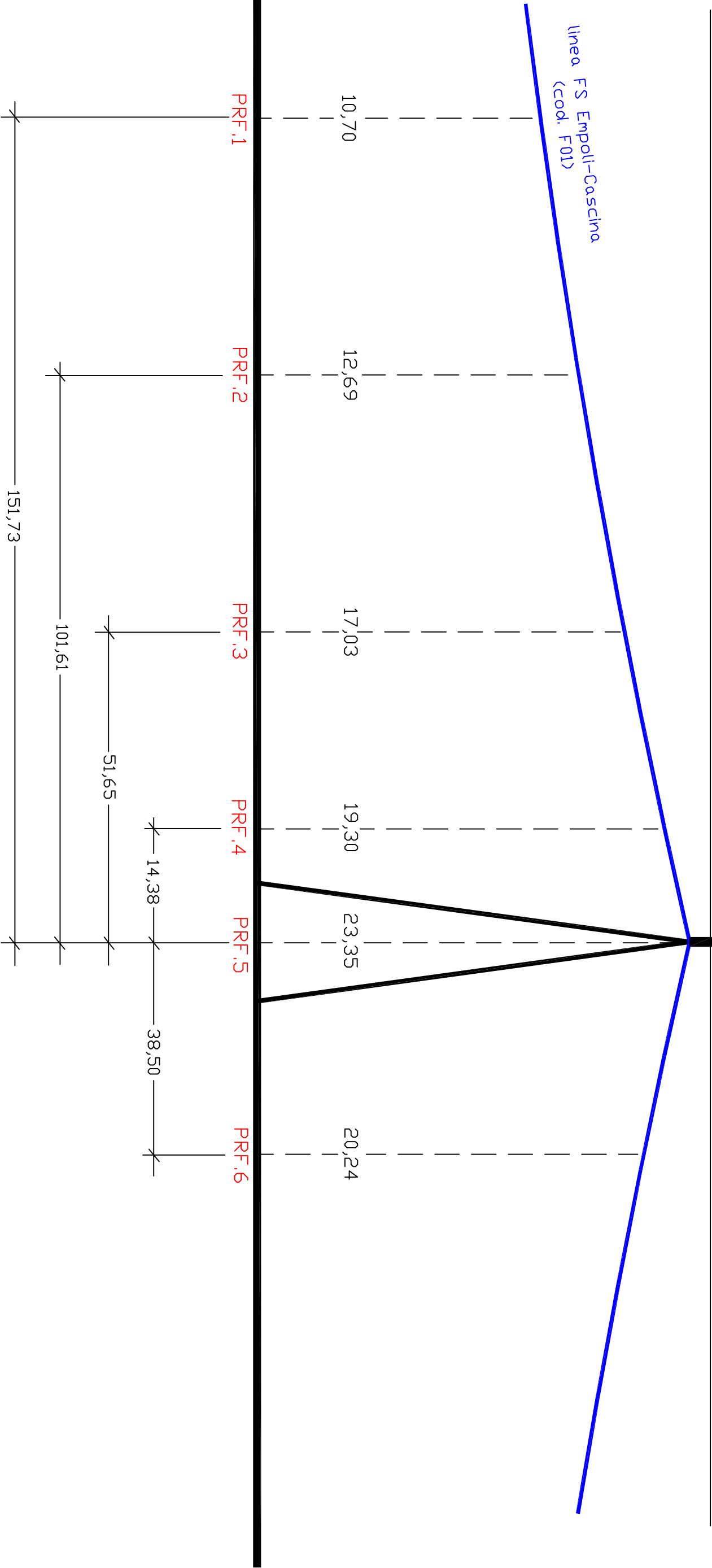
Linea elettrica FS Cascina - Empoli

Campo magnetico

Mappa rilievi effettuati e calcolati
Scala adattata


Revisioni	
12-lug-2005	
File: CEM Empoli mappa rilievi	
Dis: <i>Andreini</i>	

doppia fune di guardia



Scala adattata

NOTE:
 distanze in mt.
 sostegno a delta
 distanza tra le fasi mt. 6,60



Terna

AOT-FIRENZE

USTZ - Team Controlli e Collaudi

Linea elettrica FS Cascina - Empoli

Rilevi campo elettromagnetico

Distanza profili laterali dal palo
 e relativa altezza linea elettrica

Revisioni

12-lug-2005

File: CEM Empoli profilo linea FS

Dis: Andreini