

# **Intervento di mitigazione sulla linea a 132 kV n. 024 nel quartiere di Barbaricina a Pisa**

***Verifica della riduzione ottenuta dei livelli  
di induzione magnetica a 50 Hz***

**ARPAT – Area Vasta Toscana Costa – Settore Agenti Fisici**



# **Intervento di mitigazione sulla linea a 132 kV n. 024 nel quartiere di Barbaricina a Pisa**

***Verifica della riduzione ottenuta dei livelli  
di induzione magnetica a 50 Hz***

**Titolo report:** Intervento di mitigazione sulla linea a 132 kV n. 024 nel quartiere di Barbaricina a Pisa – *Verifiche sulla riduzione ottenuta dei livelli di induzione magnetica a 50 Hz*

**Autori:**

Nicola Colonna, Barbara Bracci

ARPAT – Area Vasta Toscana Costa – Settore Agenti Fisici

© ARPAT 2013

Stampato su carta che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea – Ecolabel



**Regione Toscana**

## INDICE

Presentazione	p. 4
1 Introduzione	p. 5
<i>1.1 Finalità e obiettivi</i>	p. 7
2 Definizione della metodologia utilizzata	p. 7
3 Normativa e limiti di riferimento	p. 8
4 Contesto territoriale	p. 9
5 Risultati	p. 12
6 Conclusioni	p. 15

## Presentazione

Il quartiere di Barbaricina nel Comune di Pisa è attraversato dalle prime 12 campate della linea a 132 kV n. 024 “Pisa Porta a mare – Pisa Porta a Lucca” di proprietà di Terna Rete Italia S.p.A.; numerose abitazioni e due edifici scolastici si trovano molto vicino all’elettrodotto, alla distanza dai conduttori allora consentita dal D.P.C.M. 23/04/1992, ora abrogato. Tale linea ha inoltre la particolarità di avere un significativo carico di corrente. L’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana fin dal 1997 esegue misure e monitoraggi dell’induzione magnetica a 50 Hz presso tali recettori. Nel 2003, su specifica richiesta del Comune di Pisa, ARPAT ha inoltre modellizzato tridimensionalmente l’impatto elettromagnetico della linea sul quartiere, evidenziando che, pur essendo rispettati i limiti di legge, tuttavia, i livelli presenti sia all’interno delle abitazioni, che delle due scuole non sono trascurabili. Nella situazione di maggiore esposizione con la massima mediana giornaliera della corrente si è raggiunto il valore di 2,00  $\mu$ T.

Il Dipartimento di Prevenzione della ASL 5 di Pisa ha segnalato a partire dal 1997 l’opportunità di intervenire su tale elettrodotto al fine di ridurre l’esposizione della popolazione.

A seguito dello studio prodotto da ARPAT l’Amministrazione comunale ha promosso nel tempo varie iniziative volte a risolvere tale problema, non incontrando però la disponibilità del precedente gestore della linea ad avviare un confronto ed a cercare delle soluzioni.

Dopo questa fase di stallo, nel 2009 la linea è diventata di proprietà di Terna Rete Italia S.p.A. e a fine 2010 sono iniziati i contatti del Comune di Pisa col nuovo gestore per trovare una soluzione al problema, sempre col supporto tecnico di ARPAT. Intanto sull’edificio scolastico il Comune ha deciso di intervenire sul recettore progettando la schermatura; per attenuare anche l’esposizione dei residenti del quartiere si è iniziato un percorso per intervenire sulla linea.

Nel luglio 2011, su richiesta del Comune, ARPAT ha formulato una proposta tecnica di intervento di mitigazione da effettuarsi sulla linea elettrica, che riducesse significativamente i livelli di esposizione dei recettori presenti lungo il tracciato. Tale proposta consiste nell’ottimizzazione delle fasi per le tre campate in doppia terna e sulla compattazione dei conduttori per le nove campate in terna singola non intervenendo, quindi, sulla modifica del tracciato, per contenere i costi di realizzazione. La proposta tecnica di ARPAT è stata ritenuta valida dal gestore ed è stata presa in esame dallo stesso, in primo luogo per valutarne la specifica fattibilità tecnica sulle campate in esame e, successivamente, per redigere un progetto esecutivo. Il gestore della linea elettrica ed il Comune di Pisa si sono accordati sul fatto che l’intervento di mitigazione dovesse essere a carico dell’Amministrazione.

Su richiesta del Comune di Pisa ARPAT, a Giugno 2012, ha formulato un parere previsionale sul progetto esecutivo presentato dal gestore.

I lavori per la modifica della configurazione dell’elettrodotto sono stati eseguiti da Terna Rete Italia S.p.A. tra il 4 e l’8 agosto e tra il 27 ed il 31 ottobre 2012.

ARPAT e Comune di Pisa hanno concordato che venissero eseguiti una serie di monitoraggi in continua, prima e dopo l’intervento, presso gli edifici più rappresentativi, al fine sia di stimare i livelli medi di esposizione a lungo termine, che di calcolare presso gli stessi siti, a parità di corrente circolante, la riduzione ottenuta di tali livelli.

Nel presente lavoro sono illustrati i risultati dei monitoraggi di verifica effettuati tra luglio e novembre 2012 e la percentuale di riduzione dei livelli ottenuta mediante la mitigazione.

*Barbara Bracci*

ARPAT, Area Vasta Toscana Costa  
Responsabile Settore Agenti Fisici

## 1 INTRODUZIONE

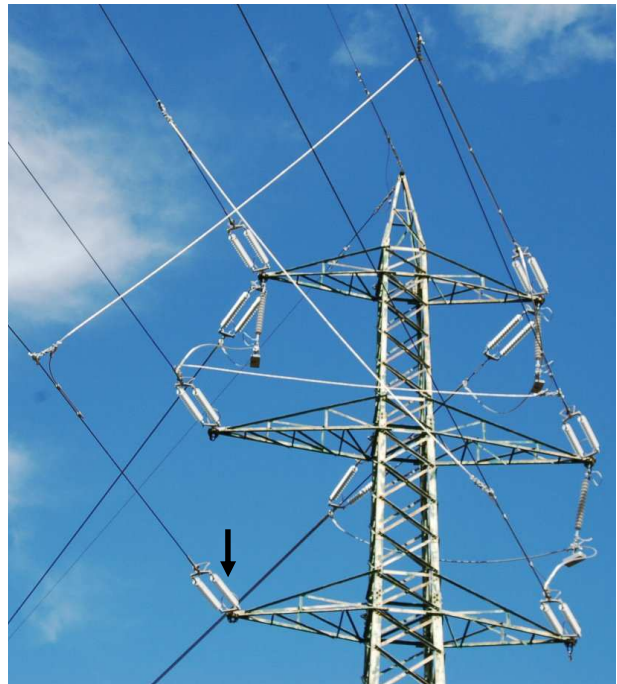
Il Comune di Pisa ha commissionato a Terna Rete Italia S.p.A. un intervento di mitigazione sulla linea a 132 kV n. 024 “Pisa Porta a mare – Pisa Porta a Lucca”, ai fini della riduzione, presso i recettori, dei livelli di induzione magnetica a 50 Hz, generati dall’elettrodotto. Tale intervento (su proposta tecnica di ARPAT) è consistito:

- nell’ottimizzazione delle fasi per le 3 campate in doppia terna (dal sost. n. 87 al sost. n. 84), passando dalla disposizione simmetrica delle fasi a quella antisimmetrica (con le fasi identiche collocate sulle mensole centrali, vedi Figura 1.1);
- nell’inserimento dei compattatori disposti a triangolo per 6 campate (84-83; 82-81; 75-74; 74-73; 73-72 e 72-71, vedi Figura 1.2 a sinistra) e nell’inserimento dei compattatori disposti verticalmente per le 2 campate con conduttori “a bandiera” (81-76 che interessa i due edifici scolastici; 76-75 che interessa Via Simoni, vedi Figura 1.2 a destra). I compattatori utilizzati sono degli isolatori leggeri, in materiale composito, di lunghezza pari a 2,2 m (vedi Figura 1.3).

Figura 1.1 – Modifiche alla linea nel tratto in doppia terna



*Testa del palo 84 prima dell’intervento di mitigazione. Sono stati evidenziati i vecchi isolatori.*



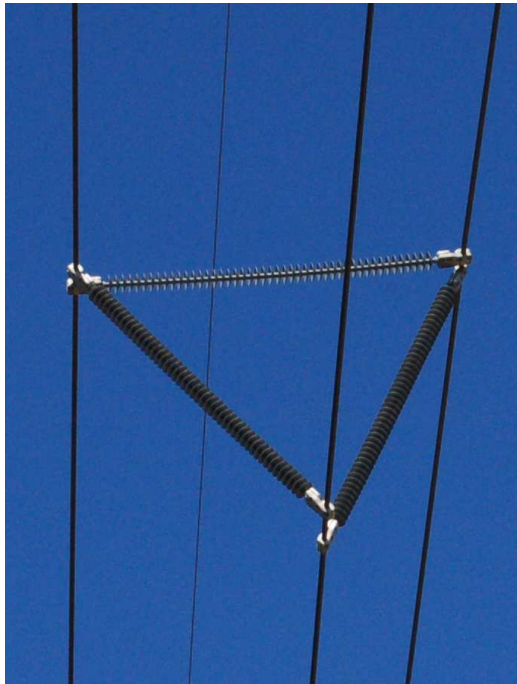
*Ottimizzazione delle fasi al palo 84. È stata realizzata la disposizione antisimmetrica, incrociando la fase alta con quella bassa. Sono stati evidenziati i nuovi isolatori.*

Su richiesta del Comune di Pisa ARPAT ha espresso un parere previsionale (prot. n. 33055 del 22/06/12) sul progetto esecutivo dell’intervento di mitigazione presentato dal gestore, in cui sono state eseguite, sulla nuova configurazione della linea, 34 modellizzazioni tridimensionali dei livelli di induzione magnetica attesi presso i recettori più vicini all’infrastruttura elettrica (vedi allegato 1).

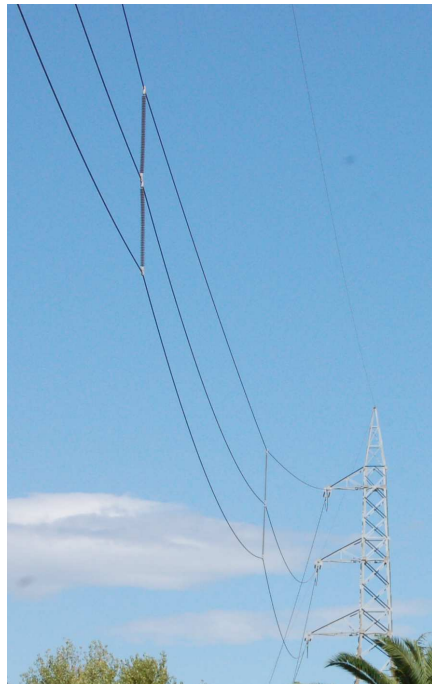
L'intervento di mitigazione è stato realizzato nel 2012 in due fasi: dal 4 all'8 agosto per il tratto che va da Viale D'Annunzio a Via Simoni e dal 27 al 31 ottobre per il tratto che va da Via Biagi a Viale delle Cascine.

L'intervento realizzato differisce dal progetto esecutivo, valutato da ARPAT nel parere previsionale, solo per la maggiore lunghezza dei compattatori: 2,2 m invece di 2,0 m. La scelta da parte del gestore di installare il modello di compattatori più lungo (vedi Figura 1.3) è stata dovuta alla loro maggiore affidabilità in termini di sicurezza e di integrità dei conduttori nel tempo. La maggiore lunghezza dei compattatori riduce di circa il 10% l'efficacia di riduzione rispetto a quanto precedentemente stimato con i compattatori più corti.

Figura 1.2 – Modifiche alla linea nel tratto in terna singola



*Compattatori disposti a triangolo inseriti all'altezza di Via Due Arni – incrocio con Via D'Arsula.*



*Compattatori disposti in verticale inseriti nella campata di Via Simoni.*

Figura 1.3 – Nuovo compattatore utilizzato



*Esempio di isolatore in materiale composito di lunghezza pari a 2,2 m, installato sulla linea n. 024 per compattare i conduttori. Sono stati evidenziati gli attacchi al conduttore che rendono maggiore la lunghezza totale di tale modello di isolatore.*

Terna Rete Italia S.p.A. inoltre ha abbinato alla realizzazione dell'intervento di mitigazione la sostituzione degli isolatori in vetro con quelli nuovi in materiale composito (vedi Figura 1.1). Tali nuovi isolatori riducono drasticamente il disturbo da rumore causato (in particolare nelle giornate molto umide) dal ronzio della linea elettrica per l'effetto corona.



## 1.1 Finalità e obiettivi

ARPAT e Comune di Pisa hanno concordato che nell'ambito delle attività Istituzionali Non Obbligatorie (INO), venissero eseguiti una serie di monitoraggi in continua, prima e dopo l'intervento, presso gli edifici più rappresentativi, al fine sia di stimare i livelli medi di esposizione a lungo termine, che di calcolare presso gli stessi siti, **a parità di corrente circolante**, la riduzione ottenuta di tali livelli. Facendo seguito a tale accordo, il personale tecnico del Settore Agenti Fisici ha effettuato, nel periodo 9 ÷ 31 luglio 2012 e nel periodo 4 ÷ 22 ottobre 2012, una prima serie di monitoraggi in continua dell'induzione magnetica a 50 Hz *ante operam* presso 18 abitazioni e 2 edifici pubblici, nel quartiere di Barbaricina a Pisa. Successivamente, una volta realizzato l'intervento di mitigazione sulla linea n. 024, è stata effettuata una seconda serie di monitoraggi in continua *post operam*, nel periodo 3 ÷ 17 settembre 2012 e nel periodo 5 ÷ 26 novembre 2012.

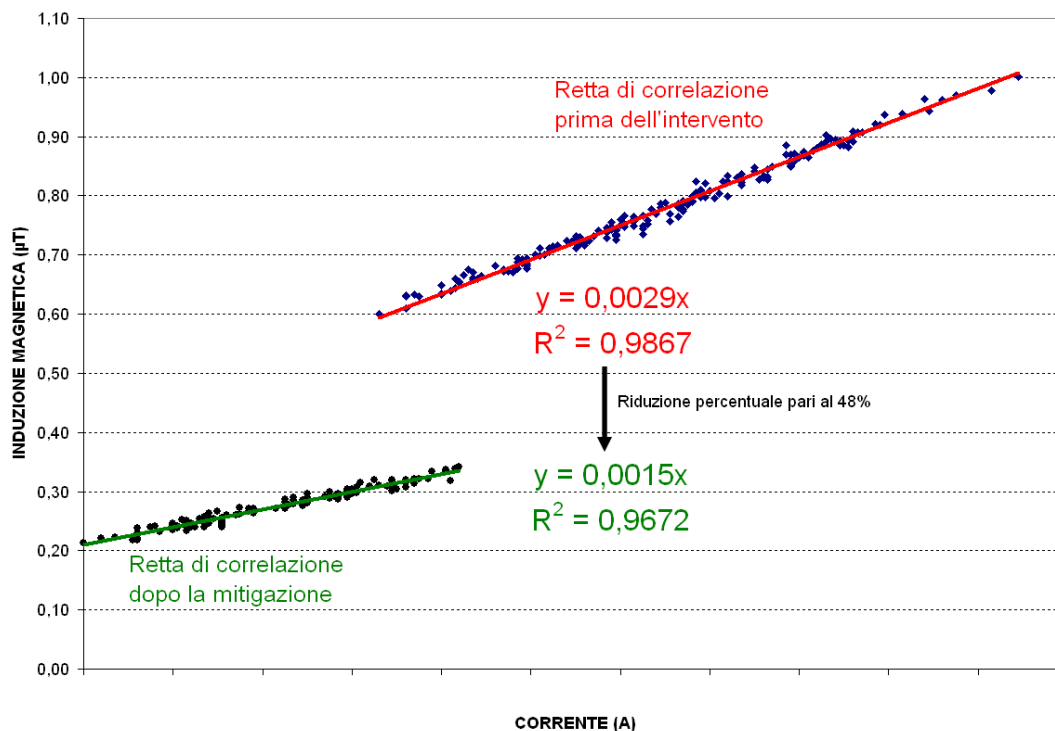
## 2 DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA UTILIZZATA

Per ciascun edificio indagato sono stati effettuati i monitoraggi in continua nel piano più alto dell'edificio e nel punto dell'appartamento più vicino al tracciato dell'elettrodotto, in modo da caratterizzare dentro l'abitazione (escludendo le pertinenze esterne) il punto di maggiore esposizione. Per ciascun edificio il secondo monitoraggio, dopo l'intervento sulla linea, è stato effettuato esattamente nello stesso punto in cui era stato in precedenza eseguito il primo monitoraggio. La durata di tali monitoraggi è stata compresa tra 2 e 6 giorni, a seconda della disponibilità dei residenti nel consentire agli operatori di ARPAT lo scarico dati dal sensore installato.

Come previsto dall'Allegato al D.M. 29/05/2008 "*Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica*" i monitoraggi sono stati effettuati acquisendo un dato al minuto. Dopo la campagna di misure ARPAT a richiesto e ottenuto da Terna Rete Italia S.p.A. i dati sulla corrente circolante sulla linea n. 024 nel periodo luglio ÷ novembre 2012, registrati ogni quarto d'ora all'estremo di "Pisa Porta a mare". Attraverso tali dati di corrente è stato possibile effettuare, per ciascun edificio indagato, la correlazione corrente-campo e determinare il coefficiente di correlazione che caratterizzava il punto di misura prima dell'intervento e il nuovo coefficiente di correlazione che caratterizza il punto di misura dopo l'avvenuta mitigazione (vedi come esempio la Figura 2.1 alla pagina seguente). Tali correlazioni soddisfano i requisiti richiesti dalla procedura di "Valutazione indiretta dell'induzione magnetica" (vedi paragrafo 5.2.1 dell'allegato al D.M. 29/05/2008). Per gli edifici esaminati sono stati calcolati **i livelli medi di esposizione a lungo termine** all'induzione magnetica a 50 Hz, prima e dopo l'intervento, utilizzando i coefficienti di correlazione ricavati e la corrente media circolata sulla linea n. 024 nel periodo 1999 ÷ 2011.

Si precisa, infine, che il calcolo dei livelli medi di esposizione a lungo termine, come fin qui descritto, non è previsto dalla normativa vigente e, quindi, non è finalizzato alla verifica del rispetto dei limiti di legge (che si effettua valutando la massima mediana giornaliera dell'induzione magnetica registrata e confrontandola con il valore di attenzione). Il calcolo dei livelli medi di esposizione a lungo termine è finalizzato alla stima, più realistica possibile, dell'esposizione della popolazione residente in prossimità della linea elettrica.

Figura 2.1 – Rette e coefficienti di correlazione corrente-campo



*Esempio per un sito delle correlazioni corrente-campo, ricavate prima e dopo l'intervento.*

### 3 NORMATIVA E LIMITI DI RIFERIMENTO

Viene di seguito elencata la normativa vigente sull'esposizione della popolazione all'induzione magnetica a 50 Hz, generata dagli elettrodotti.

Il limite di legge da non superare per gli elettrodotti (già esistenti al settembre 2003) è pari a **10 µT** (valore di attenzione).

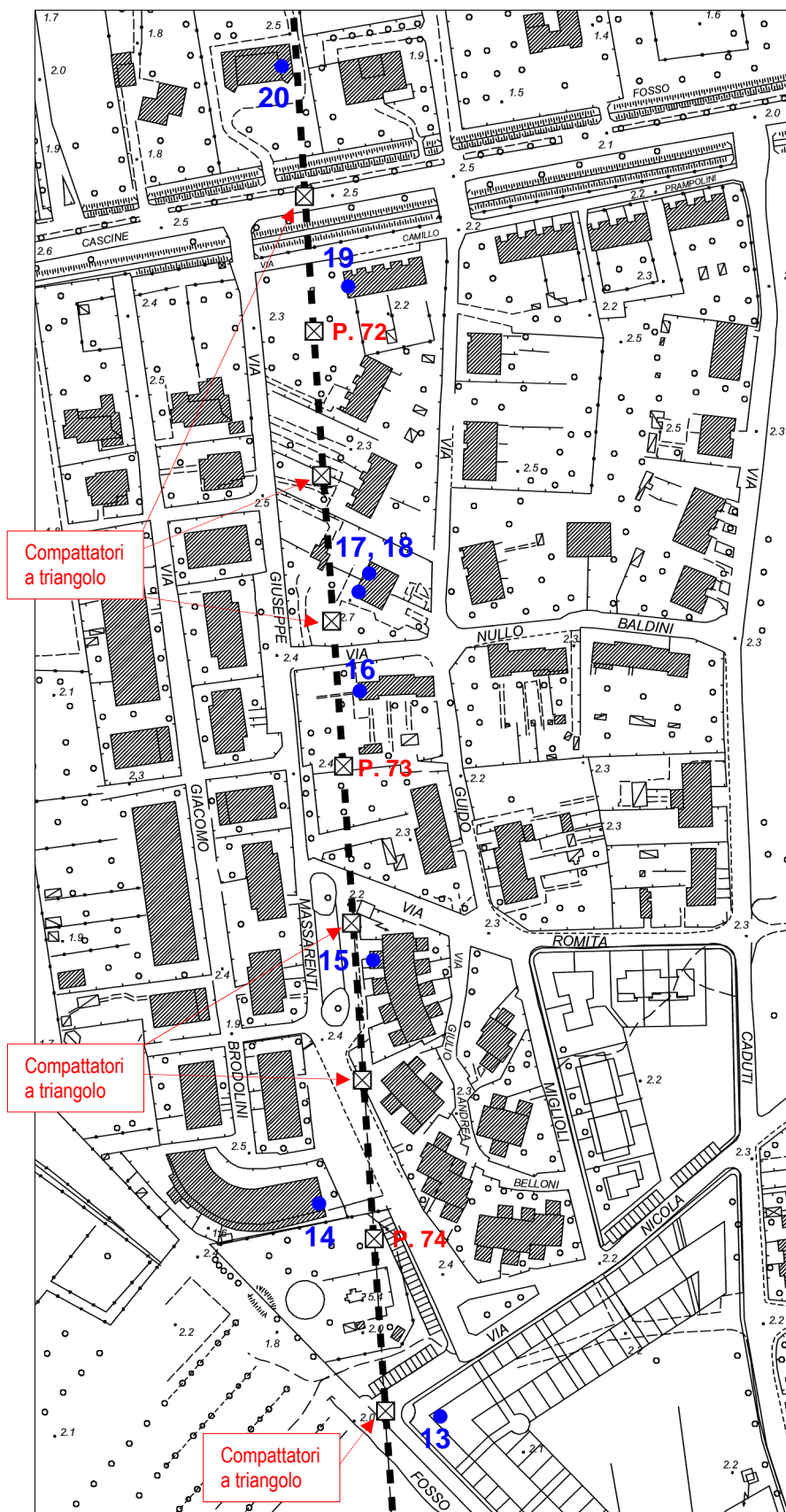
Tabella 3.1 - Normativa vigente sui campi elettromagnetici a bassa frequenza (50 Hz)

L. 22 febbraio 2001, n. 36	Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
D.P.C.M. 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
D.M. 29 maggio 2008	Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica
D.M. 29 maggio 2008	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

Si segnala che nel caso in esame, essendo i limiti di legge già rispettati, il Comune di Pisa in base al **principio di precauzione** ha voluto adottare per i propri cittadini un livello di cautela maggiore rispetto a quello previsto dalla legislazione italiana ed internazionale (come indicato dalla ASL), commissionando l'intervento di mitigazione.

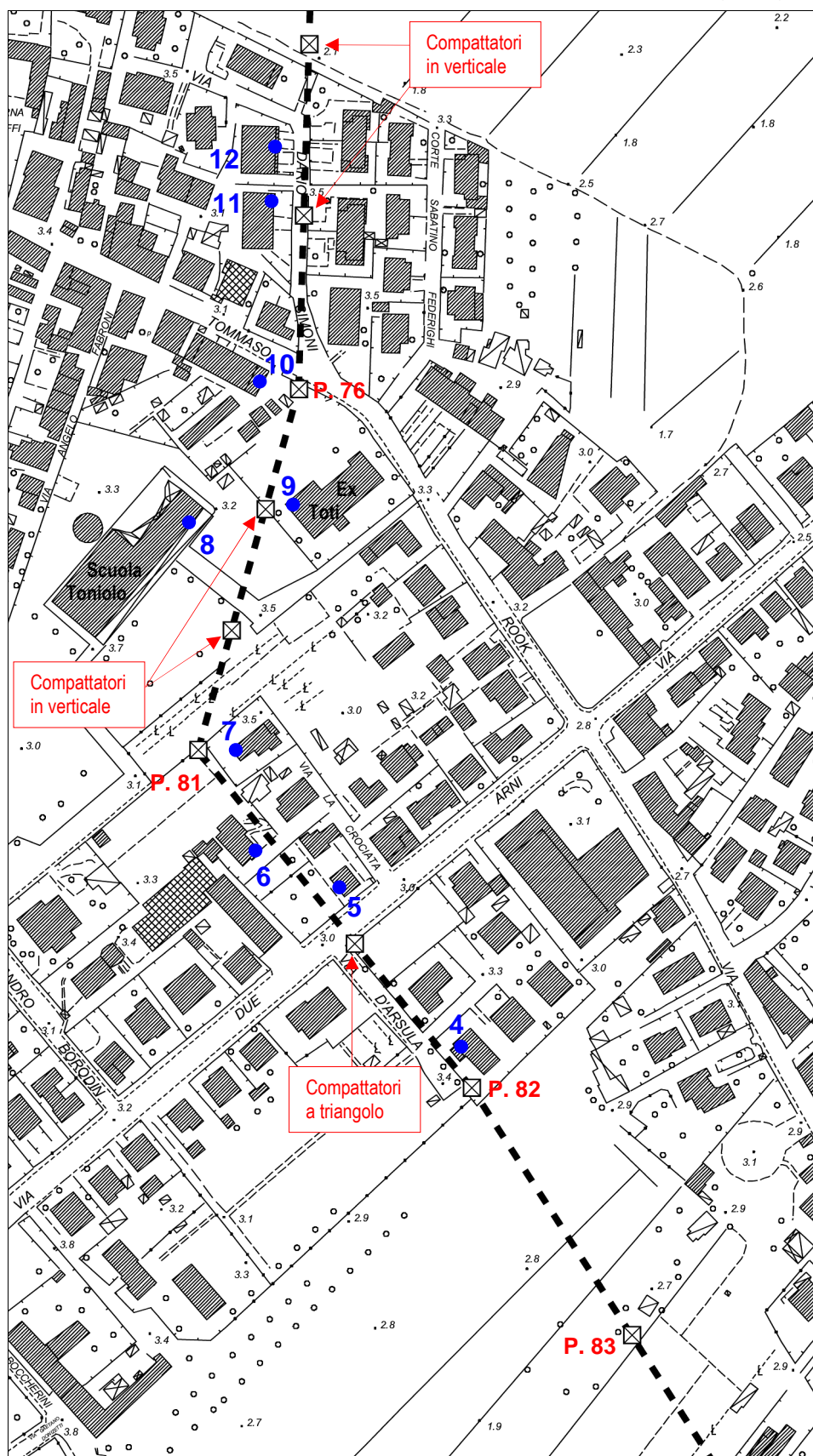
#### 4 CONTESTO TERRITORIALE

Figura 4.1 – Planimetria con il tracciato della linea n. 024 e con le indicazioni degli edifici monitorati



Tratto a nord: 4 campate dal sost. n. 71 al sost. n. 75

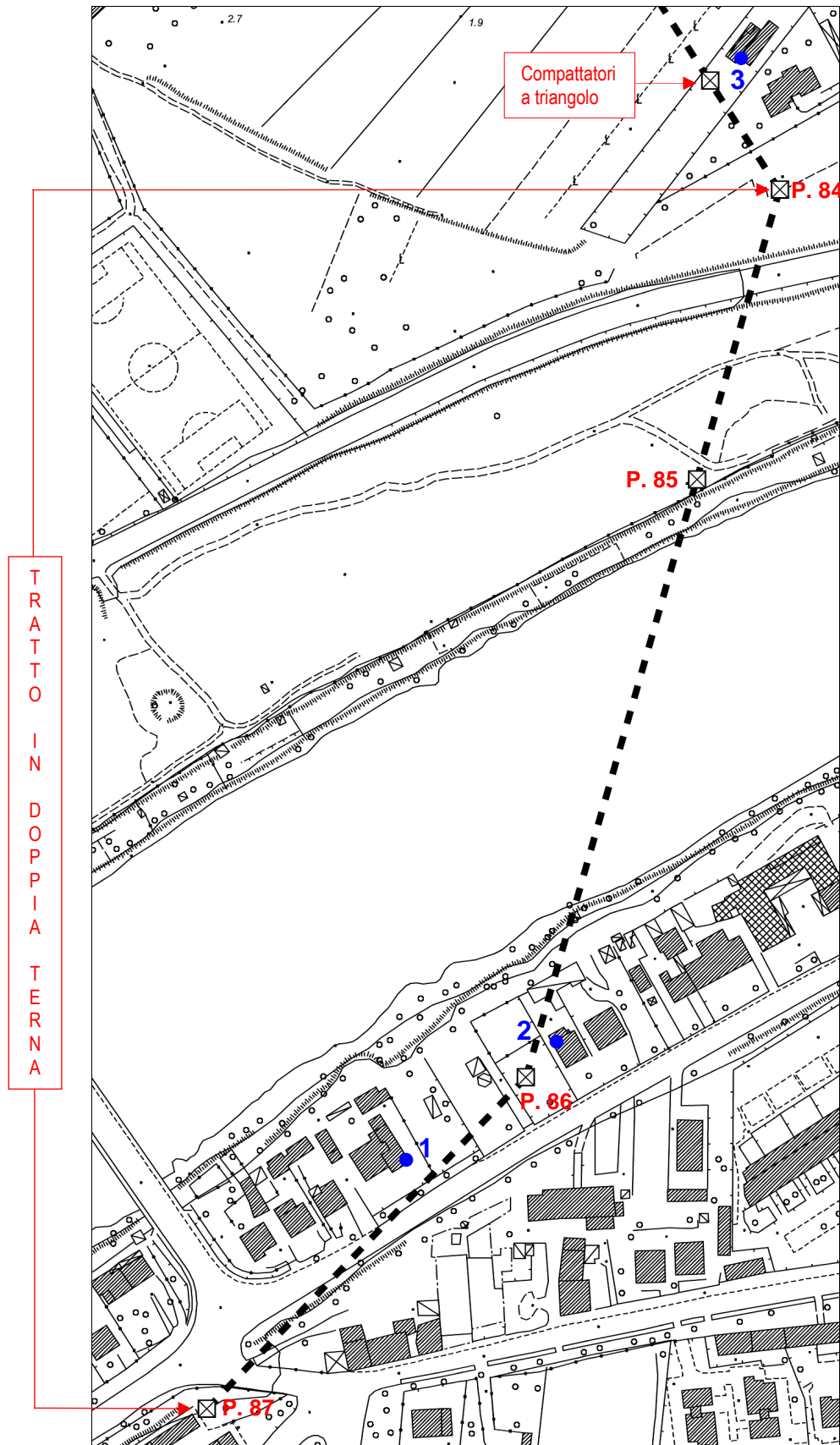
Figura 4.2 – Planimetria con il tracciato della linea n. 024 e con le indicazioni degli edifici monitorati



Tratto centrale: 5 campate dal sost. n. 75 al sost. n. 84



Figura 4.3 – Planimetria con il tracciato della linea n. 024 e con le indicazioni degli edifici monitorati



Tratto a sud: 4 campate dal sost. n. 83 al sost. n. 87

## 5 RISULTATI

I livelli medi di esposizione a lungo termine, calcolati prima dell'intervento per i 20 edifici esaminati (vedi Figure 4.1, 4.2 e 4.3) sono variati tra 0,23  $\mu\text{T}$  e 1,25  $\mu\text{T}$ , a seconda della distanza del recettore dal tracciato della linea e della sua altezza da terra (piano terra, 1° piano, 2° piano).

I livelli medi di esposizione a lungo termine, calcolati per gli stessi 20 edifici dopo la realizzazione dell'intervento di mitigazione, sono variati tra 0,18  $\mu\text{T}$  e 0,85  $\mu\text{T}$ .

Nelle Tabelle 1 e 2 alle pagine seguenti sono riportati in dettaglio per ciascun edificio indagato:

- il livello medio di esposizione a lungo termine prima dell'intervento;
- il livello medio di esposizione a lungo termine dopo la mitigazione;
- la riduzione percentuale ottenuta di tali livelli.

In termini di riduzione percentuale dei livelli si evidenzia che l'ottimizzazione delle fasi per il tratto in doppia terna è stata molto efficace ed ha garantito una significativa riduzione dei livelli, compresa tra il 40% ed il 70%, che è uniforme all'interno della campata ed aumenta per i recettori più lontani dal tracciato.

Per il tratto in terna singola la compattazione dei conduttori con i compattatori disposti a triangolo ha garantito una significativa riduzione dei livelli, compresa tra il 25% ed il 60%, che non è uniforme all'interno della campata: essa aumenta per i recettori prossimi ai compattatori installati e diminuisce progressivamente avvicinandosi al sostegno della campata, diventando minima per i recettori molto vicini al sostegno stesso.

Per le due campate con i conduttori disposti "a bandiera" (due edifici scolastici e Via Simoni) la compattazione dei conduttori con i compattatori disposti in verticale ha garantito una significativa riduzione dei livelli, compresa tra il 6% ed il 40%. Anche in questo caso la riduzione aumenta per i recettori prossimi ai compattatori installati e diminuisce progressivamente avvicinandosi al sostegno della campata, diventando minima per i recettori molto vicini al sostegno stesso. Tale situazione, come già segnalato nel parere previsionale, si è verificata per due edifici molto vicini a due sostegni della linea non modificabili, dove è stata ottenuta la minima riduzione dei livelli, pari, rispettivamente, al 6% e all'11%.

I risultati dei monitoraggi effettuati dei livelli di induzione magnetica sono riportati nei 20 rapporti di prova in allegato 2. In ogni singolo rapporto di prova sono contenuti i risultati dei due monitoraggi eseguiti (prima e dopo l'intervento) nello specifico sito di indagine.

Tabella 4.1 – *Elenco dei Rapporti di Prova emessi*

N.	Indirizzo	RdP
1	Via Due Settembre 48	2012-F/AVL003-20
2	Via Due Settembre 46	2012-F/AVL003-19
3	Via Tesio 10 A	2012-F/AVL003-30
4	Via D'Arsula 6	2012-F/AVL003-21
5	Via Due Arni 10	2012-F/AVL003-22
6	Via Le Crociate 5	2012-F/AVL003-23
7	Via Le Crociate 8	2012-F/AVL003-25
8	Scuola Toniolo	2012-F/AVL003-28
9	Ex Scuola Toti	2012-F/AVL003-29
10	Via Rook 17	2012-F/AVL003-26

N.	Indirizzo	RdP
11	Via Simoni 1	2012-F/AVL003-27
12	Via Simoni 13	2012-F/AVL003-24
13	Via Badaloni 61	2012-F/AVL003-38
14	Via Brodolini 64	2012-F/AVL003-36
15	Via Massarenti 13	2012-F/AVL003-40
16	Via Baldini 25	2012-F/AVL003-42
17	Via Miglioli 2 A	2012-F/AVL003-43
18	Via Massarenti 11 B	2012-F/AVL003-41
19	Via Prampolini 14	2012-F/AVL003-39
20	Viale Cascine 152 D	2012-F/AVL003-37

Tabella 4.2 – Risultati ottenuti dopo i lavori della prima fase

INTERVENTO DI MITIGAZIONE SULLA LINEA A 132 kV N. 024 – PRIMA FASE (LAVORI ESEGUITI TRA IL 4 E L'8 AGOSTO 2012)								
N.	Indirizzo	Piano	Campata	Tipo intervento	Livelli medi prima ( $\mu$ T)	Livelli medi dopo ( $\mu$ T)	RIDUZIONE (%)	Note
1	Via Due Settembre 48	terra	87-86	Ottimizzazione delle fasi	0,73	0,23	69	Tratto in doppia terna
2	Via Due Settembre 46	terra	86-85	Ottimizzazione delle fasi	0,55	0,25	55	Tratto in doppia terna
3	Via Tesio 10 A	mansarda	84-83	Compattazione conduttori a triangolo	0,73	0,38	48	Abitazione vicina ai compattatori a triangolo
4	Via D'Arsula 6	secondo	82-81	Innalzamento e compattazione conduttori	1,10	0,75	32	Abitazione molto vicina al palo 82
5	Via Due Arni 10	primo	82-81	Compattazione conduttori a triangolo	1,13	0,48	58	Abitazione molto vicina ai compattatori a triangolo
6	Via Le Crociate 5	primo	82-81	Innalzamento e compattazione conduttori	1,08	0,50	54	Abitazione tra i compattatori a triangolo ed il palo 81
7	Via Le Crociate 8	primo	82-81 e 81-76	Compattazione conduttori in verticale	0,93	0,83	11	Abitazione vicina al palo 81 d'angolo
8	Scuola Toniolo	primo	81-76	Compattazione conduttori in verticale	0,23	0,18	22	Edificio vicino ai compattatori in verticale
9	Ex Scuola Toti	primo	81-76	Compattazione conduttori in verticale	1,00	0,70	30	Edificio vicino ai compattatori in verticale
10	Via Rook 17	primo	81-76	Compattazione conduttori in verticale	0,64	0,60	6	Abitazione vicina al palo 76
11	Via Simoni 1	secondo	76-75	Compattazione conduttori in verticale	1,08	0,65	40	Abitazione molto vicina ai compattatori in verticale
12	Via Simoni 13	secondo	76-75	Compattazione conduttori in verticale	1,25	0,85	32	Abitazione vicina ai compattatori in verticale

***Livelli medi di esposizione a lungo termine calcolati negli edifici indagati, prima e dopo l'intervento, a parità di corrente circolante.***

Tabella 4.3 – Risultati ottenuti dopo i lavori della seconda fase

INTERVENTO DI MITIGAZIONE SULLA LINEA A 132 kV N. 024 – SECONDA FASE (lavori eseguiti tra il 27 ed il 31 ottobre 2012)								
N.	Indirizzo	Piano	Campata	Tipo intervento	Livelli medi prima ( $\mu$ T)	Livelli medi dopo ( $\mu$ T)	RIDUZIONE (%)	Note
13	Via Badaloni 61	primo	75-74	Compattazione conduttori a triangolo	0,58	0,30	48	Abitazione molto vicina ai compattatori a triangolo
14	Via Brodolini 64	primo	74-73	Innalzamento e compattazione conduttori	0,83	0,60	27	Abitazione vicina al palo 74
15	Via Massarenti 13	primo	74-73	Compattazione conduttori a triangolo	1,16	0,50	57	Abitazione vicina ai compattatori a triangolo
16	Via Baldini 25	primo	73-72	Compattazione conduttori a triangolo	1,14	0,83	27	Abitazione tra il palo 73 ed i compattatori a triangolo
17	Via Miglioli 2 A	primo	73-72	Compattazione conduttori a triangolo	0,81	0,43	47	Abitazione vicina ai compattatori a triangolo
18	Via Massarenti 11 B	primo	73-72	Compattazione conduttori a triangolo	1,10	0,55	50	Abitazione vicina ai compattatori a triangolo
19	Via Prampolini 14	primo	72-71	Compattazione conduttori a triangolo	0,73	0,53	28	Abitazione vicina al palo 72
20	Viale Cascine 152 D	primo	72-71	Compattazione conduttori a triangolo	1,10	0,58	47	Edificio molto vicino ai compattatori a triangolo

***Livelli medi di esposizione a lungo termine calcolati negli edifici indagati, prima e dopo l'intervento, a parità di corrente circolante.***



## 6 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti dai monitoraggi in continua e dai calcoli effettuati, utilizzando la correlazione corrente-campo, dopo l'intervento di mitigazione, si ricava, **a parità di corrente circolante**, che presso i recettori indagati la riduzione percentuale ottenuta dei livelli di induzione magnetica varia dal 20% al 70% a seconda del tipo di modifica effettuato sulla campata in esame (compattazione dei conduttori nel tratto in terna singola, oppure ottimizzazione delle fasi nel tratto in doppia terna), della distanza tra il singolo edificio ed i conduttori della linea e della distanza tra edificio e sostegno della campata.

Presso i recettori più vicini al tracciato dell'elettrodotto, complessivamente, è stata ottenuta una significativa e diffusa riduzione dei livelli medi di esposizione a lungo termine, compresa in percentuale tra il 30% ed il 70%. In particolare, presso i recettori più esposti, l'efficacia dell'intervento ha garantito una marcata riduzione dei livelli di induzione magnetica, ridottisi in percentuale tra il 32% ed il 58%.

Solo per due edifici, molto vicini a sostegni "a bandiera" non modificabili, è stata ottenuta la riduzione minima dei livelli, pari, rispettivamente, al 6% e all'11%.

L'intervento di mitigazione realizzato sulla linea n. 024 si configura come la **massima modifica, non strutturale, tecnicamente apportabile all'elettrodotto**, tale da ridurre i livelli di induzione magnetica generati, a parità di corrente circolante. L'intervento è stato impostato partendo dal presupposto di non modificare la struttura dei singoli sostegni esistenti, ridisegnando solo la configurazione dei conduttori, nel rispetto delle norme tecniche e di sicurezza (DM n. 449/1988), in modo da contenere anche i costi di realizzazione.

Complessivamente nel quartiere di Barbaricina, grazie alla realizzazione dell'intervento di mitigazione, commissionato dal Comune di Pisa a Terna Rete Italia S.p.A. **è stata ridotta significativamente l'esposizione dei residenti in prossimità dell'elettrodotto**. Tale mitigazione ha interessato circa 90 edifici, collocati intorno al tracciato dell'elettrodotto, in cui si stima che vi siano circa 350 residenti, garantendo una riduzione dei livelli di induzione magnetica distribuita sull'intera area interessata. Pertanto, l'intervento realizzato si caratterizza oltre che per la sua efficacia, anche per un ottimo rapporto costo-benefici.

I risultati delle indagini svolte mostrano come, mediante la modifica della configurazione della linea, è stato possibile contenere la massima esposizione a lungo termine, per i siti molto vicini all'elettrodotto, intorno a 0.85  $\mu\text{T}$  (anziché 1,25  $\mu\text{T}$ ); esposizione stimata nel punto dell'abitazione più vicino al tracciato. Ciò implica, quindi, che all'aumentare della distanza dai conduttori della linea, anche per tali abitazioni vi sono porzioni dell'edificio caratterizzate da livelli di induzione magnetica più contenuti.

Si segnala inoltre che, grazie all'inserimento dei compactatori disposti in verticale (che concorrono, insieme alla schermatura installata, a far diminuire i livelli), all'interno del primo piano della Scuola Toniolo (oggetto, fin dal 1997, di misure, studi e monitoraggi da parte di ARPAT) i livelli di induzione magnetica siano diventati pressoché trascurabili.

L'intervento di mitigazione realizzato a Pisa sull'elettrodotto di Barbaricina rappresenta un'applicazione concreta del **principio di precauzione**.

