

Ing. Gian Luca Passarini  
Via Daniele Manin, 20  
36061 Bassano del Grappa

**RELAZIONE TECNICA**  
**ELETTRODOTTO A 132KV IN CAVO INTERRATO**  
**linea TERNA 280309 e TERNA 280572**  
**E**  
**RAPPORTO DI PROVA**  
**MISURA DI CAMPO MAGNETICO A 50Hz**  
**PER VERIFICA DEL LIVELLO DI ESPOSIZIONE**  
**DELLA POPOLAZIONE**  
nel territorio del Comune di Rosà

Rev.	Data attivazione	Motivo
R0	15 mag 14	Prima stesura del documento.

## **Descrizione del progetto**

Il progetto iniziale risale al 30 novembre 2004 quando ENEL Distribuzione – Centro Alta Tensione – propone di realizzare la connessione tra la doppia linea trifase a 132kV nr. 280309/280572 “Vellai-Dugale” e una nuova tratta in linea aerea per alimentare la stazione di trasformazione di Rossano Veneto. Al progetto iniziale in linea aerea viene subito preferito l'attraversamento del territorio comunale di Rosà e Cassola in cavo sotterraneo e successivamente prevista la schermatura con canaline A.P.M. La soluzione finale presenta l'entrata in cavo in corrispondenza dei tralicci di amarro nr. 6A/3 e 6B/3 rispettivamente per la linea 280572 a est e la linea 280309 a ovest, che si trovano in mezzo al campo, a sud di via Roberti. Le due tratte in cavo si estendono per circa 2 chilometri ciascuna su tracciati diversi, lungo la viabilità ordinaria dei due comuni interessati.



*Figura 1 – Ingresso in cavo delle linee 280572 e 280309 lungo via Roberti.*

All'intersezione con la viabilità, la linea 280572 prosegue verso est lungo via Roberti fino all'incrocio con via Rosà da cui, piegando verso nord, raggiunge il cimitero di San Zeno passando per via Don Concato.



*Figura 2 – Risalita dei cavi della linea 280572 sul traliccio 117/A presso il cimitero di San Zeno.*

La terna 280309 prosegue lungo via Roberti in direzione ovest fino all'incrocio con via Monsignor Caron da dove, piegando a nord e passando per via Martiri di Marzabotto e via San Zeno, raggiunge il traliccio di connessione posto all'incrocio tra via Monte Asolon e via Don Concato.



*Figura 3 – Risalita dei cavi della linea 280309 sul traliccio 118/A all'incrocio tra via Monte Asolon e via Don Concato.*

Durante l'esecuzione dei lavori sono stati considerati con grande attenzione gli aspetti di tutela dai campi elettromagnetici della popolazione soprattutto nelle tratte di tracciato la cui distanza dai fabbricati è risultata minore di 10m dall'asse dell'elettrodotto.

Per questo motivo il progetto iniziale è stato integrato con l'inserimento delle canalette schermanti ad alta permeabilità magnetica (A.P.M.) fornite dalla ditta coreana ILJIN Magnetic Shield for Cable&Joint, per gran parte della lunghezza del cavidotto, restando escluso soltanto il tratto in mezzo al campo e dove la distanza dalle abitazioni risultava superiore ai 10m.

Con richiesta del Sindaco di Rosà datata 26 giugno 2006, la protezione mediante canaletta A.P.M. è stata definitivamente estesa ad una lunghezza complessiva pari a 498m, come riportato in colore rosa nella figura 4.

Pur non avendo un il riscontro strumentale specifico relativo a questo elettrodotto (le misure passano da 0,331uT del cavo non schermato della posizione 6 a 0,078uT del cavo schermato della posizione 3 seppur in configurazioni diverse), l'efficacia della predisposizione delle canalette schermanti ai fini della tutela della popolazione è sempre molto elevata sia per l'effetto schermante del materiale ferromagnetico nei confronti del campo magnetico sia perché la sagoma della canaletta costringe l'elettrodotto ad assumere una posizione relativa corrispondente alla disposizione compatta a triangolo. In altri casi di elettrodotti schermati in cui è stato possibile effettuare il confronto strumentale tra la



misura dell'induzione del cavo schermato e del cavo nudo, il fattore di attenuazione è stato anche di 6 volte (16dB). Nel caso di questo elettrodotto, non è possibile effettuare una verifica dell'efficacia della schermatura ottenuta con la predisposizione della canaletta A.P.S. perché gli organi competenti a cui è stata inoltrata la richiesta, TERNA (Prot. Comunale nr. 0004464 del 28 marzo 2014) e ARPAV (Prot. ARPAV nr. 45539 del 7 maggio 2014), non hanno fornito di dati di corrente istantanea necessari a effettuare la valutazione dell'efficacia schermate.

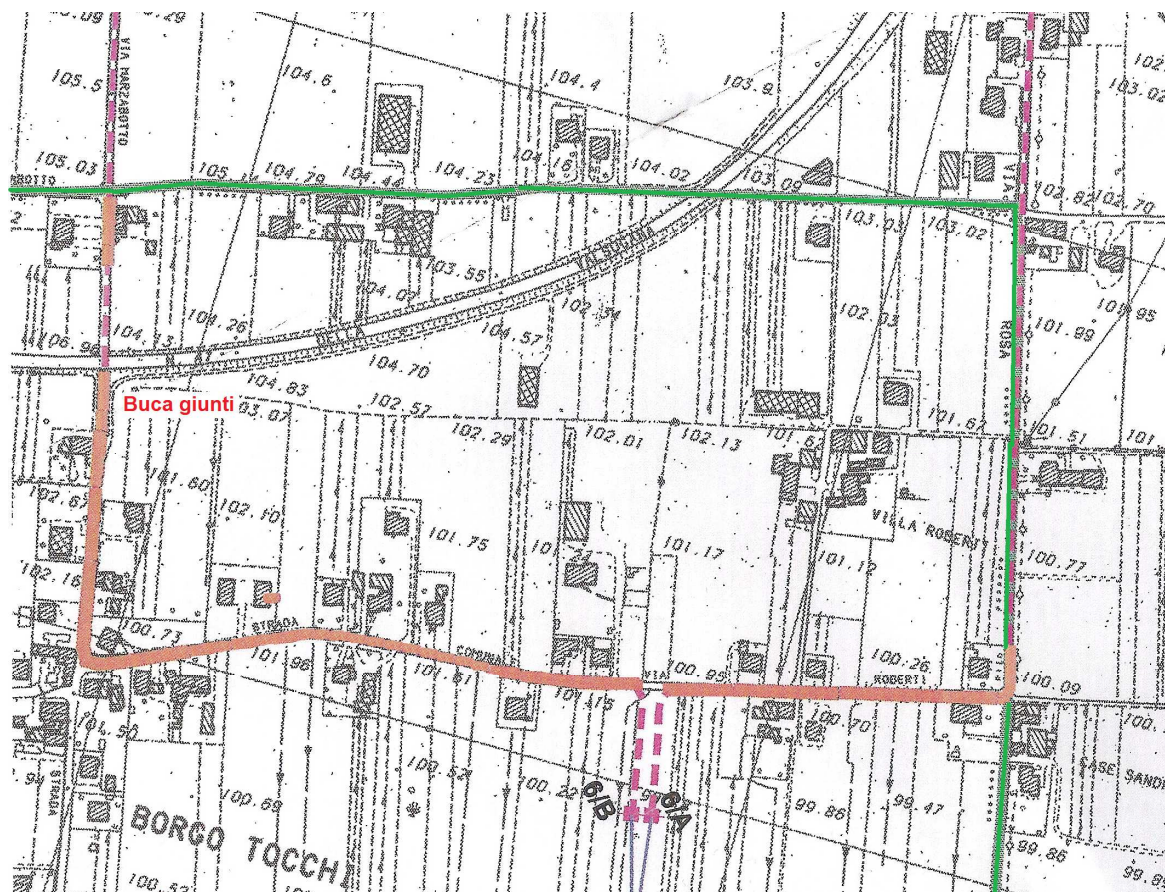


Figura 4 – Pianta della zona con la mappa del tracciato dell'elettrodotto in cavo interrato.

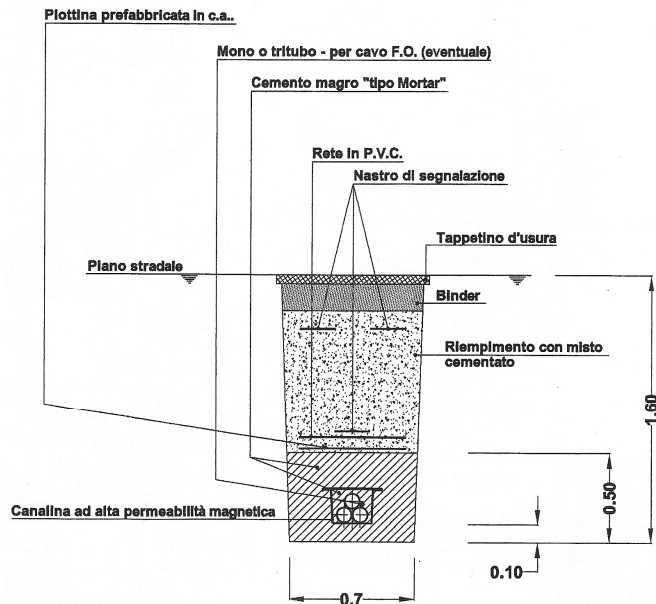
Il cavo utilizzato presenta le seguenti caratteristiche principali:

Tensione di esercizio Cavo	Sezione del conduttore	Portata massima	Materiale conduttore
[KV]	[mm <sup>2</sup> ]	[A]	
132/150	1600	1145	Alluminio

Tabella 1 – Dati tecnici essenziali dal cavo interrato

**SEZIONE DI POSA CON CANALINA A.P.M.**  
**In massetto di cement-mortar con protezione meccanica superiore in c.a..**  
 (Disegno non in scala)

- Posa su viabilità stradale
- Particolari prescrizioni da Amministrazioni e/o Enti gestori



*Figura 5 – Sezione di posa del cavidotto posato nella canaletta A.P.M..*

**La realizzazione del cavidotto interrato**

La realizzazione dell'opera risale al 2007 di cui si riportano alcuni dettagli raccolti durante l'esecuzione dei lavori.



*Figura 6 – Scavo lungo via Roberti prima della posa del cavidotto.*

La schermatura del cavidotto è stata realizzata mediante l'uso di una canaletta preformata in materiale ferromagnetico ad alta permeabilità magnetica. La giunzione è realizzata mediante accostamento dei singoli moduli sequenziabili per realizzare percorsi comunque complessi. Le dimensioni fisiche della struttura metallica sono tali da costringere i tre cavi a mantenere la configurazione compatta, garantendo la massima prossimità tra le fasi durante tutte le fasi della posa dei cavi nella canaletta.



*Figura 7 - La sagoma della canaletta schermante con uno dei tre cavi già in opera.*



I tre conduttori di fase sono disposti ai vertici di un triangolo equilatero: due realizzano la base mentre il terzo è posto sul vertice. La schermatura della parte superiore viene garantita da un apposito coperchio preformato che viene fissato in opera.



*Figura 8 – Posa della seconda fase nella canaletta schermata lungo via Roberti.*



*Figura 9 – Particolare delle ruote a gola per agevolare il passaggio del cavo in corrispondenza della curva all'incrocio di via Monsignor Caron con via Roberti.*



### **Buche giunti**

A causa della lunghezza fisica dei cavi, lungo il percorso del cavidotto è necessario realizzare le giunzioni tra diverse spezzoni di cavo in corrispondenza di appositi spazi sotterranei chiamati: “buca giunti”, lungo via Monsignor Caron nella posizione indicata nella mappa di figura 4.

In ambedue le posizioni è stata adottata la schermatura dei conduttori e dei giunti mediante canalette schermanti opportunamente sagomate per contenere i cavi e i rispettivi giunti. L’adozione della struttura permette un doppio beneficio per il controllo del campo: la schermatura elettromagnetica realizzata dal materiale ferromagnetico e il controllo esatto della posizione dei cavi durante la loro posa.



*Figura 10 - Buca giunti lungo via Monsignor Caron.*

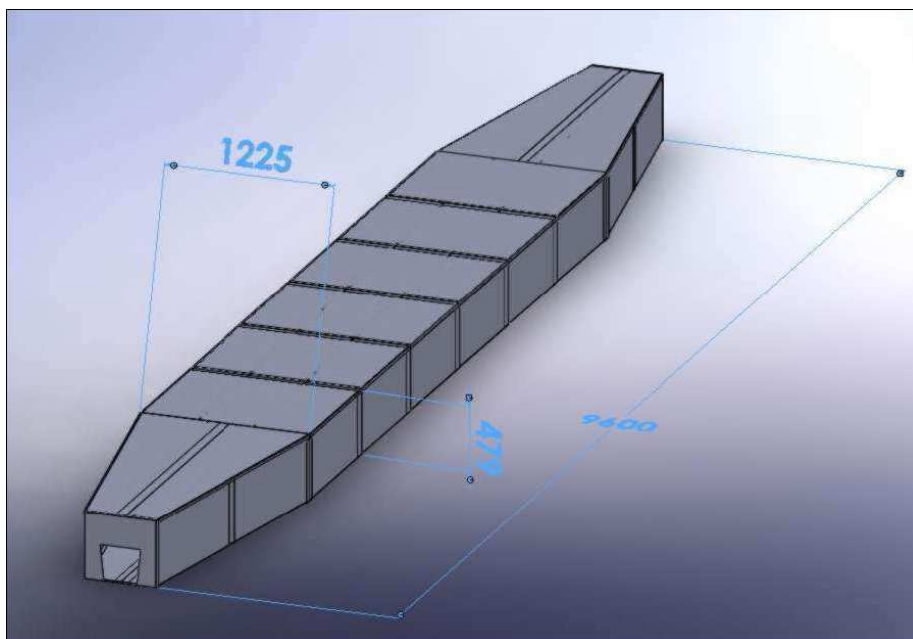


Figura 11 – Esempio di dispositivo schermante per la buca giunti.

### **Strumentazione utilizzata**

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER LE MISURE			
MISURATORE PORTATILE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO PMM 8053			
Matricola	Centro di taratura	Certificato di taratura	Data di taratura
0220J10221	NARDA SAFETY TEST SOLUTION	10221-C004	12/04/2010
SONDA PER CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO PMM EHP 50 C			
Matricola	Centro di taratura	Certificato di taratura	Data di taratura
352WN70402	NARDA SAFETY TEST SOLUTION	70402-C004	16/04/2010

Tabella 2 – Strumentazione utilizzata per le misure.

### **Descrizione delle prove e risultati delle misure**

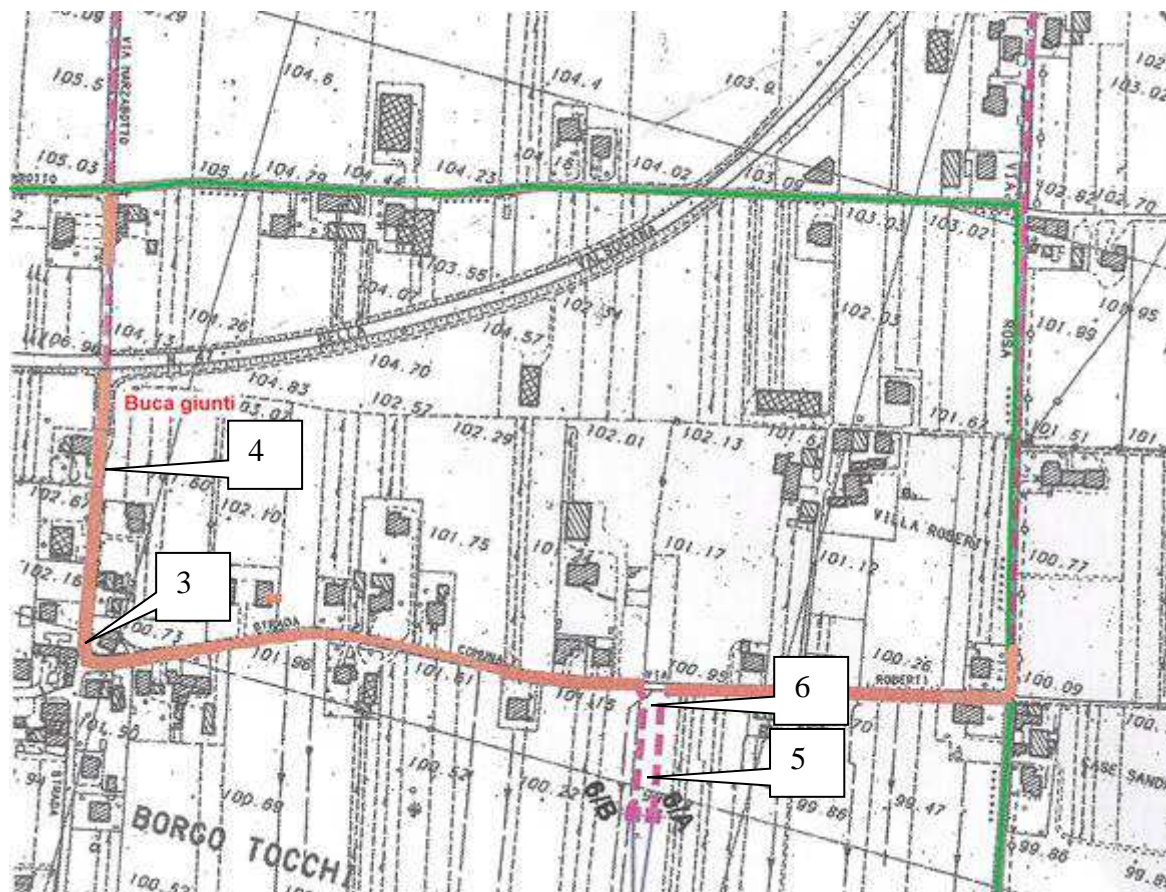
La prova si è svolta il giorno 24 marzo 2014 dalle ore 14:00, in condizioni meteorologiche adeguate al corretto svolgimento delle misure e del funzionamento della strumentazione.

Con lo scopo di ottenere l'esposizione al campo magnetico della popolazione che transita lungo la strada si è proceduto ad effettuare diverse misure puntuali secondo quanto indicato nella norma tecnica CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz-10kHz, con riferimento all'esposizione umana".

Non trattandosi di luoghi destinati alla permanenza prolungata nel tempo non si è proceduto alle registrazioni dei valori di campo magnetico richieste dalla procedura di

misura per la verifica dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità contenuta nel D.M. del 29 maggio 2008.

In figura 11 sono rappresentati i punti di misura scelti con il criterio di verificare tutte le diverse condizioni di realizzazione del cavo interrato in riferimento al campo magnetico prodotto, con particolare attenzione alla prossimità delle zone abitate.



*Figura 12 – Mappa del tracciato dell'elettrodotto in cavo interrato con evidenziati i cinque punti di misura. I punti 1old e 2old sono fuori dalla mappa che rappresenta il tracciato nel territorio del Comune di Rosà.*

Si riporta di seguito la descrizione dettagliata di ciascun punto di misura.





#### Punto 1.old – Via Rosà

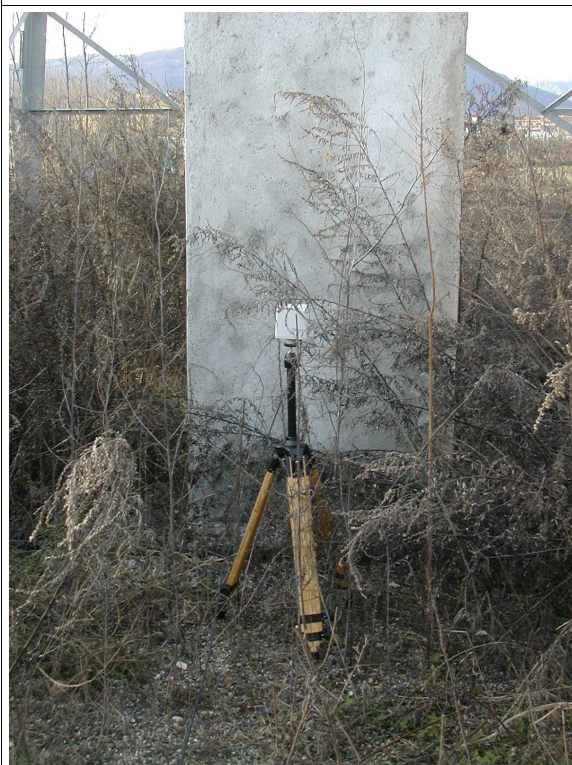
Data: 11 febbraio 2009 – ore 16:00 -.

Posizione del punto di misura: a bordo strada lungo via Rosà in corrispondenza del ponte di attraversamento della Nuova Gasparona (SP111), a circa 1m di altezza del suolo.

La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT interrato alla profondità di progetto.

La posizione in cui si è proceduto alla lettura della misura – presumibilmente l'asse del cavidotto - corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura.

$B_{rms}=0,300\mu T$



#### Punto 2.old – Cimitero San Zeno

Data: 11 febbraio 2009 – ore 16:25 -.

Posizione del punto di misura: in asse con il cavo disposto in linea (nell'involucro di cemento) in prossimità delle teste del cavo del traliccio 117/A, a circa 1m di altezza del suolo.

La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT privo di canaletta schermante.

La posizione in cui si è proceduto alla lettura della misura corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura.

$B_{rms}=0,825\mu T$





### Punto 3 – Incrocio di Borgo Tocchi

Data: 24 marzo 2014 – ore 14:09 -.

Posizione del punto di misura: lungo la viabilità, in asse con il cavo, a circa 1m di altezza del suolo.

La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT nella canaletta schermante.

La posizione in cui si è proceduto alla lettura della misura corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura, presumibilmente associato all'asse del cavo.

$$B_{rms}=0,078\mu T$$



### Punto 4 – Via Mons. Caron



Data: 24 marzo 2014 – ore 14:19 -.

Posizione del punto di misura: lungo la viabilità, in asse con il cavo in corrispondenza della buca giunti, a circa 1m di altezza del suolo.

La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT interrato alla profondità di progetto di 1,6m, in corrispondenza alla buca giunti.

La posizione in cui si è proceduto alla lettura della misura corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura, presumibilmente associato all'asse del cavo.

$$B_{rms}=0,080\mu T$$

	<p><u>Punto 5 – campo a sud di via Roberti - 280309</u></p> <p>Data: 24 marzo 2014 – ore 14:28 -.</p> <p>Posizione del punto di misura: in asse con il cavo, a circa 1m di altezza del suolo.</p> <p>La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT.</p> <p>La posizione in cui si è proceduto alla lettura corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura, presumibilmente in corrispondenza all'asse della sede di posa: cavi posati affiancati.</p> <p><math>B_{rms}=0,309\mu T</math></p>
	<p><u>Punto 6 – campo a sud di via Roberti - 280572</u></p> <p>Data: 24 marzo 2014 – ore 15:34 -.</p> <p>Posizione del punto di misura: in asse con il cavo, a circa 1m di altezza del suolo – in prossimità di via Roberti.</p> <p>La misura è riferita al campo magnetico prodotto dal solo cavo di AT.</p> <p>La posizione in cui si è proceduto alla lettura corrisponde al massimo del valore efficace dell'induzione magnetica durante la misura, presumibilmente in corrispondenza all'asse della sede di posa: cavi posati affiancati.</p> <p><math>B_{rms}=0,331\mu T</math></p>

Punto	Posizione di misura	Sorgente	Altezza	Induzione magnetica $B_{rms}$
			[m]	[ $\mu T$ ]
1.old	Via Rosà – ponte SP111 interrato senza schermo	Linea 132KV 280572	1m	0,300
2.old	Cimitero San Zeno in linea senza schermo	Linea 132KV 280572	1m	0,825
3	Incrocio Borgo Tocchi cavo interrato schermato	Linea 132KV 280309	1m	0,078
4	Via Monsignor Caron buca giunti schermata	Linea 132KV 280309	1m	0,080
5	Tracciato lungo il campo cavo interrato	Linea 132KV 280572/309	1m	0,309
6	Tracciato lungo il campo cavo interrato	Linea 132KV 280572/309	1m	0,331

*Tabella 3 – Misure puntuali di induzione magnetica nelle diverse posizioni di misura.*

### **Legislazione di riferimento**

Il 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 a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”, attuativo della Legge Quadro nr. 36 del 2001, riporta tutti i valori limite di protezione dai rischi salute e sicurezza dovuti agli effetti nocivi a breve termine e per l’esposizione protratta nel tempo (oltre quattro ore) ai campi elettrici e magnetici a 50Hz.

Riferimenti normativi	Campo elettrico $E$ [V/m]	Induzione magnetica $B$ [ $\mu T$ ]
Limite di Esposizione – Popolazione - D.P.C.M. 8 luglio 2003	5.000V/m $V_{RMS}$	100 $\mu T$ $V_{RMS}$
Limite di Attenzione (oltre 4 ore) – Popolazione D.P.C.M. 8 luglio 2003	5.000V/m $V_{RMS}$	10 $\mu T$ mediana
Obiettivo di Qualità (oltre 4 ore) – Popolazione D.P.C.M. 8 luglio 2003	5.000V/m $V_{RMS}$	3 $\mu T$ mediana

*Tabella 4 – Valori limite e relativi riferimenti normativi.*

### **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  $\mu T$**  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  $\mu$ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tale proposito il D.M. 29 maggio 2008 (G.U. nr. 153 del 2 luglio 2008) stabilisce la procedura di misura e di valutazione del valore dell'induzione magnetica.

#### 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  $\mu$ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Il D.M. 29 maggio 2008 (G.U. nr. 156 del 5 luglio 2008) stabilisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

A completamento si precisa che la precedente Legge Regionale Veneta Nr.27/93 all'Art.4, Comma 1 e 2, che si applicava esclusivamente alle linee aeree (nota per il limite a 0,2 $\mu$ T), è stata annullata con sentenza nr.1735/2005 del 23 marzo 2005 del TAR del Veneto che porta: “ .... ad escludere l'attuale applicabilità della normativa regionale di cui alla più volte richiamata legge n. 27/93. Detta legge deve, pertanto, ritenersi superata ed automaticamente abrogata nei limiti in cui essa si pone in termini incompatibili con quanto ha disposto il legislatore statale”.

#### Conclusioni

In tutti i punti in cui si è svolta la misura, i valori massimi risultano inferiori al valore limite di esposizione di 100 $\mu$ T stabilito dalla legge a tutela della popolazione.

Non si è applicato il D.M. 29 maggio 2008 relativa alle procedure di misura ELF per la verifica dei valori limite di riferimento stabilite dal stabilito dal D.P.C.M. 8 luglio 2003, perché nei luoghi oggetto della misura, lungo la viabilità ordinaria, non è prevista la permanenza prolungata per le persone per un tempo non inferiore alle 4 ore.

Comunque i valori misurati sono risultati ampiamente inferiori sia ai valori di attenzione (10 $\mu$ T) e sia ai valori di qualità (3 $\mu$ T) stabiliti D.P.C.M. 8 luglio 2003. Tale considerazione ha però solo carattere documentale perché non è noto il reale stato di



funzionamento dell'impianto ovvero i valori di corrente circolante, che dovrebbero essere comparati con le misure effettuate.

Allo scopo di dare un'idea seppur non supportata dai dati tecnici specifici relativi ai valori di corrente richiesti al gestore della rete TERNA e ad ARPAV e da questi rifiutati, incrociando i valori misurati e i dati provenienti da altre esperienze analoghe è comunque possibile dedurre che durante gli istanti di misura l'elettrodotto poteva essere interessato da correnti in transito di valore molto modesto rispetto alla sua reale portata. Nella tabella seguente cerca di ricostruire i valori di campo magnetico nelle posizioni di misura 3, 4, 5, e 6 riferiti alla portata nominale dell'elettrodotto (rif. Norma CEI 11-60 per la zona climatica A).

Punto	Posizione di misura	Sorgente	Altezza dal suolo	Induzione magnetica $B_{rms}$	Induzione magnetica stimata
			[m]	[ $\mu T$ ]	[ $\mu T$ ]
3	Incrocio Borgo Tocchi cavo interrato schermato	Linea 132KV 280309	1m	0,078	0,969
4	Via Monsignor Caron buca giunti schermata	Linea 132KV 280309	1m	0,080	0,994
5	Tracciato lungo il campo cavo interrato	Linea 132KV 280572/309	1m	0,309	3,84
6	Tracciato lungo il campo cavo interrato	Linea 132KV 280572/309	1m	0,331	4,11

*Tabella 5 – Stima dell'induzione magnetica nei punti di misura in base alla portata nominale dell'elettrodotto.*

I valori di campo magnetico rimangono molto contenuti, in considerazione che i punti valutati non sono interessati dalla presenza continuativa di persone, e soddisfano gli obiettivi di tutela della popolazione prefissati dall'Amministrazione in occasione della definizione della schermatura con canaletta A.P.M.

Bassano del Grappa, 15 maggio 2014