

**Cavo 132 kV Elettra GLT
Misure di campo elettrico e magnetico
in bassa frequenza
- Relazione Tecnica -**

Redatto da: G. Pangerc	Responsabile delle misure: G. Pangerc	Data: dicembre 2004
Revisione n.: 0	Pagg. 37 +copertina	File: Elettra132kV2004.doc

INDICE

1	LUOGO E DATA DELLE MISURE.....	2
2	SCOPO DELLE MISURE	2
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	3
5	TECNICA DI MISURA	6
6	RICOGNIZIONE DELLE SORGENTI DI CAMPO	7
7	REGISTRAZIONI DEI CARICHI.....	10
8	INCERTEZZA DI MISURA	11
9	RISULTATI DELLE MISURE	12
9.1	Via dell'Istria.....	13
9.2	Padriciano paese	22
9.3	Padriciano, strada dei campi di golf.....	30
10	CONCLUSIONI.....	36

1 LUOGO E DATA DELLE MISURE

- Via dell'Istria fra i n. civici 166 e 176: 30 settembre 2004, ora: 14.30 ÷ 15.15
- Padriciano paese : 16 novembre 2004, ora: 9.00 ÷ 9.50
- Padriciano, strada dei campi di golf: 16 novembre 2004, ora: 10.00 ÷ 10.30

2 SCOPO DELLE MISURE

Le misure sono state pianificate allo scopo di valutare l'impatto ambientale, in termini di induzione magnetica^(*) e campo elettrico, nelle zone attraversate dal cavo 132 kV di proprietà Elettra GLT.

Le misure di campo elettrico sono state eseguite a puro scopo dimostrativo, in quanto è noto che il campo elettrico generato dai cavi isolati è, all'esterno, praticamente nullo e quindi non sussistono problemi di tipo protezionistico.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legislazione nazionale:
 - Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
 - Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”
- Norme tecniche
 - Norma CEI 42-7 (1990) “Misura di campi elettrici a frequenza industriale”
 - Norma CEI 211-6 (2001) “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana”
- Altri riferimenti
 - International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz) (1998)

^(*)Nota: in ambito protezionistico i termini “campo magnetico” e “induzione magnetica” vengono spesso usati in maniera indifferenziata, assumendo che la permeabilità magnetica dei tessuti biologici, come di molte delle strutture presenti negli ambienti di vita, sia costante e uguale alla permeabilità magnetica del vuoto $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$ H/m. In termini rigorosi, la grandezza oggetto della misura è sempre l'induzione magnetica.

- Raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz
- Organizzazione Mondiale della sanità / World Health Organization (OMS / WHO), "Environmental Health Criteria 35 "Extremely Low Frequency (ELF) Fields" (1984)
- Organizzazione Mondiale della sanità / World Health Organization (OMS / WHO), "Environmental Health Criteria 69 "Magnetic Fields" (1987)
- Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro / International Agency for Research on Cancer (IARC), "Static and Extremely Low-Frequency Electric and Magnetic Fields" (2001).

4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Analizzatore di campo Wandel & Goltermann tipo EFA-3, N. di serie G-0012 BN 2245/03.
Certificato di taratura N. 22450300-G10120323 del 4 giugno 2003 (scadenza: 3 giugno 2005).
- Sensore esterno di induzione magnetica del tipo a bobine, di sezione 100 cm², Wandel & Goltermann, N. di serie G-0025 BN 2245/90.10.
Certificato di taratura N. 22459010-G00250323 del 4 giugno 2003 (scadenza: 3 giugno 2005).
- Sensore esterno di campo elettrico del tipo a elettrodi isolati da terra, Wandel & Goltermann, N. di serie K-0002 BN 2245/90.30.
Certificato di taratura N. 22459030-K10020323 del 4 giugno 2003 (scadenza: 3 giugno 2005).

La strumentazione di misura è presentata in Fig. 1 e Fig. 2.

Le sue caratteristiche metrologiche e funzionali sono riassunte in Tab. I.

Il Sistema di Gestione della Qualità e il Sistema di Gestione Ambientale di Acegas-Aps S.p.A. sono certificati da organismi accreditati. Pertanto, gli strumenti di misura menzionati nel presente paragrafo sono gestiti nei termini prescritti dalle seguenti norme:

- Norma UNI EN ISO 9001:2000 "Sistemi di gestione per la qualità. Requisiti", punto 7.6 "Tenuta sotto controllo dei dispositivi di monitoraggio e di misurazione"
- Norma UNI EN ISO 9004:2000 "Sistemi di gestione per la qualità", punto 7.6 "Tenuta sotto controllo dei dispositivi di monitoraggio e di misurazione"
- Norma UNI EN ISO 14001:1996 "Sistemi di gestione ambientale. Requisiti per l'uso", punto 4.5.1 "Sorveglianza e misurazioni".

Tab. I - Caratteristiche funzionali e metrologiche della strumentazione

	Con sonda di campo magnetico interna	Con sonda di campo magnetico esterna	Con sonda di campo elettrico esterna
Campo di frequenza	da 5 Hz a 30 kHz		
Filtri selettivi	Misure in banda larga: 5 Hz - 2 kHz ; 5 Hz - 30 kHz ; 30 Hz - 2 kHz ; 30 Hz - 30 kHz Misure selettive: 16,7 Hz , 50 Hz . 60 Hz , 400 Hz e relative seconde e terze armoniche		
Valore misurato	Valore efficace o valore di picco (selezionabile)		
Modalità di rilevamento	Isotropa o monoassiale (selezionabile)		
Campo di misura a 50/60 Hz	da 50 nT a 10 mT o da 5 nT a 10 mT con filtro selettivo	da 10 nT a 10 mT o da 1 nT a 10 mT con filtro selettivo	da 0,5 V/m a 100 kV/m o da 0,1 V/m a 100 kV/m con filtro selettivo
Risoluzione	0,1 % (1 Hz in banda larga per l'individuazione della frequenza prevalente)		
Precisione	Per frequenze da 50 Hz a 400 Hz in banda larga (5 Hz - 2 kHz) o con filtro selettivo		
	±5% con $B \geq 500$ nT	±3% ±1 nT con $B \geq 40$ nT	±5% ± 1V/m con $E \geq 3$ V/m
	Per frequenze da 50 Hz a 5 kHz in banda larga (5 Hz - 30 kHz)		
	±8% con $B \geq 500$ nT	±3% ±1 nT con $B \geq 40$ nT	±5% ± 1V/m con $E \geq 6$ V/m
	Per frequenza di 16,7 Hz in banda larga (5 Hz - 2 kHz) o con filtro selettivo		
	±6% con $B \geq 500$ nT	±5% ±1 nT con $B \geq 40$ nT	±5% ± 1V/m con $E \geq 3$ V/m
Condizioni ambientali di funzionamento	temperatura fra 0 °C (limite minimo -10 °C) e +50 ° C umidità relativa fra 5% e 95% (sino a 40°C) umidità assoluta $\leq 30\text{g/m}^3$ (sopra i 40 °C)		



Fig. 1 - Strumento per le misure in bassa frequenza (unità principale – a sinistra) e sensore di induzione magnetica (a destra)

Fig. 2 - Sensore di campo elettrico in bassa frequenza su supporto in materiale isolante e fibra ottica per il collegamento all'unità principale



5 TECNICA DI MISURA

La misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica in bassa frequenza viene svolta sempre nella regione di campo vicino reattivo, vale a dire ad una distanza dalle sorgenti inferiore alla lunghezza d'onda. In tale regione non esiste una correlazione tra il campo elettrico e il campo magnetico, essendo il primo dipendente dalle tensioni insistenti nell'impianto sorgente e il secondo dalle correnti che in tale impianto circolano.

Pertanto, a differenza di quanto avviene per i campi elettromagnetici ad alta frequenza, la caratterizzazione di una sorgente in bassa frequenza deve basarsi sulle misura di ambedue le componenti elettrica e magnetica.

La misura dell'induzione magnetica è stata eseguita utilizzando un sensore esterno di dimensioni idonee; ciò al fine di aumentare la precisione della misura e l'affidabilità della rilevazione dei valori più bassi dell'emissione rispetto alle prestazioni garantite dal sensore montato internamente allo strumento.

La misura di campo elettrico è stata effettuata impiegando un sensore esterno montato su un supporto isolante e collegato allo strumento per mezzo di un cavo in fibra ottica, ciò allo scopo di limitare la perturbazione del campo determinata dalla presenza dell'operatore.

Le misure sono state eseguite in modalità isotropa in modo da poter disporre immediatamente della somma vettoriale delle tre componenti ortogonali di campo elettrico (E_x , E_y , E_z) e di induzione magnetica (B_x , B_y , B_z) e di ridurre gli errori di posizionamento e orientamento dei sensori.

Per quanto riguarda l'analisi in frequenza, la misura è stata impostata confrontando la lettura con filtro selettivo impostato su 50 Hz e la lettura con filtro in banda larga (5 Hz ÷ 2 kHz, comprendendo quindi lo spettro sino alla 40^a armonica).

La tipica altezza di misura (centro del sensore) è stata di:

- Tre altezze (0, 1 e 1,5 m) dal piano di calpestio per le misure di induzione magnetica
- Una (1 m) o due altezze (1 e 1,5 m) per le misure di campo elettrico.

Per tutti gli altri aspetti non descritti nella presente relazione, valgono le indicazioni della Guida CEI 211-6 (2001) "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana" a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

I luoghi di misura sono stati selezionati in modo da comprendere le situazioni critiche e di discontinuità e quindi svolgere l'analisi:

- con linea non schermata (Padriciano, strada dei campi di golf)
- con linea schermata (Padriciano paese)
- in presenza di giunti con cassette di sezionamento delle guaine metalliche (Padriciano paese)
- su parti di territorio dove sono presenti siti sensibili (Via dell'Istria, scuola materna).

I punti di misura dell'induzione magnetica sono stati selezionati come indicato nella tabella seguente (Tab. II).

Tab. II – Selezione dei punti di misura dell'induzione magnetica

Riferimento di misura	Passo di misura	Altezza di misura
➤ Via dell'Istria		
Puntuale	<i>non applicabile</i>	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
➤ Padriciano paese		
Sezione 1	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
Sezione 2	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
Sezione 3	0,5 m (ultima misura con distanza residua)	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
Sezione 4	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
Sezione 5	0,5 m (ultima misura con distanza residua)	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m
➤ Strada dei campi di golf		
Sezione A – 0 - A'	0,5 m a destra e sinistra dell'asse del cavo	- a livello del suolo - a 1 m - a 1,5 m

Le sezioni richiamate in tabella sono riportate sulle piante generali allegate ai risultati delle misure (paragrafo 9). Per Padriciano paese sono pure disponibili le viste trasversali delle sezioni n. 1, 2 e 4 che indicano la posizione dei servizi interrati.

6 RICOGNIZIONE DELLE SORGENTI DI CAMPO

Le misure sono state condotte considerando la sorgente costituita dal cavo in argomento, così definita:

- cavo interrato di alta tensione 1X1600 ARG7H1E 132 kV costituito da tre cavi unipolari raggruppati a trifoglio e, nel tratto di percorso che attraversa l'abitato di Padriciano, posati in una tubazione metallica (diametro nominale 250 mm) con funzione di schermo

e le seguenti ulteriori sorgenti di campo:

- Via dell'Istria

L'area ha le caratteristiche tipiche della distribuzione cittadina periferica, con presenza contemporanea di reti interrate di bassa e media tensione e reti aeree di bassa tensione, sia di distribuzione sia di illuminazione pubblica.

La maggior parte delle linee fanno capo alla cabina MT/BT di Via Orsera 4 (peso energetico di 400 kVA), di cui sono visibili alcuni cavi in discesa installati sul muraglione di Via dell'Istria (v. Fig. 3).

Le linee di illuminazione pubblica erano escluse durante lo svolgimento delle misure. Le linee aeree in bassa tensione hanno una distanza minima dal suolo di 5 m e quindi il loro contributo è assolutamente irrilevante. Per quanto riguarda le linee interrate, si consideri che il loro contributo è complessivamente quantificabile nel peso energetico della cabina citata (400 kVA, corrispondente ad una corrente equivalente di 23 A primari e di 578 A secondari).

Le sorgenti presenti negli ambienti domestici e similari degli edifici limitrofi non sono valutabili quantitativamente ma il loro contributo può essere considerato ininfluenza.

- Padriciano paese

Si considerano sorgenti significative:

- due cavi interrati di media tensione 1X400 RC4HLR 12/20 kV - convenzionalmente identificati come "Sincro 1" e "Sincro 2" - costituiti da tre cavi unipolari raggruppati a trifoglio e posati ciascuno in una tubazione in materiale plastico (diametro nominale 200 mm);
- un cavo interrato di media tensione 3X(1X150) RC4HLRX 12/20 kV - convenzionalmente identificato come "Basovizza" - a elica visibile, posato in una tubazione in materiale plastico (diametro nominale 160 mm).

Si considerano trascurabili i contributi di una linea aerea di bassa tensione dedicata alla distribuzione dell'energia elettrica alle utenze dell'abitato (prevalentemente di tipo domestico) e di una linea aerea di illuminazione pubblica (comunque non alimentata al momento delle misure). Tali linee (v. Fig. 4) sono installate in asse con i muri perimetrali degli edifici (lato destro delle sezioni) ad un'altezza minima non inferiore a 5 m.

Per le sorgenti domestiche vale quanto già detto per Via dell'Istria.

- Padriciano, strada dei campi di golf

Sono visibili delle linee aeree Enel di alta tensione (132 kV), la più vicina a 40 m dalla posizione di misura (v. Fig. 5). L'indagine strumentale ha dimostrato che, al momento della misura, il loro contributo in termini di induzione magnetica è relativamente basso (condizioni di basso carico della linea più prossima, emissione massima stimabile a 1 m di altezza: 0,12 e 0,15 μ T, rispettivamente sull'asse del cavo e a dieci metri dallo stesso verso la linea). Il loro contributo sul livello di campo elettrico è risultato basso ma, diversamente dal contributo del cavo Elettra GLT, apprezzabile con certezza.

Le tensioni possono essere considerate costanti e sostanzialmente corrispondenti alla tensioni nominali delle linee. Le correnti in gioco delle sorgenti significative sono invece riportate al paragrafo 7.



Fig. 3 – Via dell'Istria – Discesa cavi da cabina



Fig. 4 – Padriciano paese – linee elettriche aeree di bassa tensione



Fig. 5 – Padriciano, strada dei campi di golf – linee aeree Enel 132 kV

7 REGISTRAZIONI DEI CARICHI

In questo paragrafo sono riportati i valori di corrente e di fattore di potenza registrati dai sistemi di telecontrollo di Acegas-Aps S.p.A. e di Elettra GLT per le sorgenti significative individuate al paragrafo 6.

I dati sono raggruppati per giornata e sono limitati al periodo temporale in cui sono state eseguite le misure.

Tab. III – Cavo 132 kV Elettra GLT

Giorno e ora di registrazione	Corrente (A)	Cos φ
➤ Rif. Via dell'Istria		
30/09/04 – 14.30	592,98	1,00
30/09/04 – 14.45	590,39	1,00
30/09/04 – 15.00	591,58	1,00
30/09/04 – 15.15	612,34	0,98
30/09/04 – 15.30	609,94	0,99
➤ Rif. Padriciano paese e strada campi di golf		
16/11/04 – 9,00	660,38	1,00
16/11/04 – 9,15	671,31	1,00
16/11/04 – 9,30	669,73	1,00
16/11/04 – 9,45	678,31	1,00
16/11/04 – 10,00	664,13	1,00
16/11/04 – 10,15	671,55	1,00
16/11/04 – 10,30	667,41	1,00

Tab. IV – Cavi MT Acegas-Aps S.p.A.

Data e ora di registrazione	Sincro 1		Sincro 2		Basovizza	
	Corrente (A)	Cosφ	Corrente (A)	Cosφ	Corrente (A)	Cosφ
➤ Rif. Padriciano paese						
16/11/04 – 9.00	7.73	0	99,12	1,00	32,70	0.95
16/11/04 – 9.15	7.73	0	102,54	1,00	32,47	0.95
16/11/04 – 9.30	7.73	0	106,69	1,00	31,11	0.95
16/11/04 – 9.45	7.73	0	107,36	1,00	31,68	0.95
16/11/04 – 10.00	7.73	0	108,64	1,00	30,92	0.95
Nota: uno dei due cavi Sincro 1 e Sincro 2 è sempre di riserva e il carico viene spostato alternativamente sull'uno o sull'altro con una certa periodicità; il fattore di potenza zero è giustificato dalla caratteristica fortemente capacitiva dei cavi interrati, capacità che infatti sostengono una debole corrente di circolazione a vuoto						

8 INCERTEZZA DI MISURA

Tutti i risultati di una misurazione sono caratterizzati da un'incertezza di misura, cioè da una dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando.

Il valore del misurando può essere alterato da specifiche grandezze di influenza che, per garantire la qualità della misura, devono essere tenute sotto controllo o calcolate.

Le grandezze di influenza maggiormente significative possono essere tenute sotto controllo anche scegliendo correttamente la strumentazione e svolgendo le misure a regola d'arte.

Di seguito si presentano alcune considerazioni in merito.

Incerezza e caratteristiche della strumentazione

La correttezza della lettura è assicurata da alcune funzioni integrate nello strumento e dalle caratteristiche di costruzione dello stesso:

- Verifica di funzionalità: tale funzione viene svolta dal sistema di autodiagnosi che si avvia automaticamente all'accensione dello strumento.
- Lettura del risultato: lo strumento è munito di display a cristalli liquidi e quindi l'operatore non può commettere errori di parallasse o di apprezzamento.
- Influenza dell'alimentazione: lo strumento è dotato di un circuito che verifica lo stato di carica delle batterie e visualizza una segnalazione ("low battery") sul display prima che tale stato di carica influenzi la rilevazione del misurando; l'influenza della fonte di alimentazione è pertanto trascurabile.
- Immunità elettromagnetica: l'immunità della strumentazione è garantita dal rispetto delle norme armonizzate di prodotto nei termini previsti dalla Direttiva Compatibilità Elettromagnetica.

Incerezza e gestione della strumentazione.

Lo strumento e i sensori sono sottoposti a taratura periodica riferibile a campioni internazionali PTB (Physikalisch -Technische Bundesanstalt) .

Ciò consente di verificare la corretta relazione fra i valori indicati dallo strumento e i valori del campione di riferimento e quindi, in sostanza, di controllare nel tempo che l'incertezza strumentale corrisponda al dato di specifica.

Incertezza e operazioni di misura

Alcuni contributi di incertezza possono essere annullati o ridotti adottando un'appropriata tecnica di misura ed effettuando alcuni controlli ambientali. Altri contributi possono essere calcolati.

- Limitazioni della banda passante: l'uso del filtro selettivo calibrato sulla frequenza di 50 Hz elimina gli errori di caratterizzazione della sorgente introdotti da un rilevamento in banda larga.
- Temperatura e umidità: la temperatura ambientale e l'umidità relativa percentuale sono state misurate al fine di verificare che le condizioni d'impiego dello strumento e dei sensori fossero congruenti con i dati di specifica del costruttore e comparabili con le grandezze rilevate in sede di taratura; temperatura e umidità sono state misurate sul posto mediante termoigrometro VelocicalcPlus mod. TSI 8386-M-GB, n. di serie 30445, strumento gestito in regime di qualità e soggetto a verifica periodica di taratura. I risultati ottenuti, vale a dire:
 - Via dell'Istria: $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; UR % = 50%
 - Padriciano paese: $\theta = 6 \text{ }^\circ\text{C}$; UR % = 33% (dato iniziale)
 - $\theta = 10,1 \text{ }^\circ\text{C}$; UR % = 27% (dato finale)
 - Padriciano, strada campi di golf: $\theta = 11,3 \text{ }^\circ\text{C}$; UR % = 30%consentono di ritenere trascurabile l'influenza di queste grandezze.
- Non uniformità del campo magnetico: l'impiego di un sensore di induzione magnetica esterno e di sezione idonea consente di annullare gli effetti dovuti a piccoli campi rotanti.
- Non uniformità del campo elettrico: allo scopo di evitare la perturbazione introdotta dalla vicinanza dell'operatore, il sensore di campo elettrico è stato installato su un supporto isolante e collegato all'unità principale mediante fibra ottica.
- Orientamento dei sensori: la rilevazione in modalità isotropa elimina gli errori propri della rilevazione monoassiale delle diverse componenti di campo.
- Costante di tempo: per evitare i possibili errori introdotti dal tempo di risposta del circuito rilevatore, ciascuna lettura è stata eseguita dopo aver lasciato trascorrere alcuni secondi dal riposizionamento del sensore.
- Valori medi e valori centrali: per tenere conto delle differenze esistenti fra i valori al centro del sensore triassiale e i valori medi sull'intera sua sezione, si può calcolare che l'errore massimo in funzione della distanza normalizzata (rapporto fra la distanza dalla sorgente e il raggio del sensore) non supera il $-0,8\%$.
- Punto di misura: l'incertezza sul punto di misura, calcolata supponendo una distribuzione rettangolare per l'errore e assimilando la sorgente in esame a un dipolo, è al massimo pari a $1,094\%$.

L'insieme delle considerazioni appena espresse, assumendo che le singole componenti di incertezza siano indipendenti e che pertanto possano essere combinate quadraticamente, porta a ritenere che l'incertezza di misura totale massima sia del $\pm 3,3\%$ per le misure di induzione magnetica e del $\pm 5,1\%$ per le misure di campo elettrico (con valori $> 3 \text{ V/m}$).

L'incertezza totale rientra abbondantemente nel limite del $\pm 10\%$ indicato dalla normativa tecnica.

9 RISULTATI DELLE MISURE

Tutti i valori sono espressi in valore efficace.

9.1 Via dell'Istria

I risultati sono riportati in Tab. V e VI. La pianta di zona è disponibile in Fig. 6. Fotografie del sito si trovano alle Figg. 7 ÷ 20 .

Tab. V – Via dell'Istria – Misure di induzione magnetica

Misura n.	Induzione magnetica B (μ T)			Rintracciabilità punto di misura
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	3,15	1,80	1,36	marciapiede sn - cordonata
2	3,51	2,08	2,06	marciapiede sn - cordonata
3	3,46	2,12	2,02	marciapiede sn - cordonata
4	3,57	1,87	1,92	marciapiede sn - cordonata
5	6,19	3,84	3,03	marciapiede sn - cordonata
6	3,08	2,10	1,50	marciapiede sn - cordonata
7	2,83	1,69	1,50	marciapiede sn - cordonata
8	2,83	1,80	1,39	marciapiede sn - cordonata
9	3,45	1,98	1,92	marciapiede sn - cordonata
10	0,64	0,59	0,55	marciapiede sn – a 5 m dal cavo
11	0,54	0,48	0,47	marciapiede sn – a 5 m dal cavo
12	0,71	0,62	0,61	marciapiede sn – a 5 m dal cavo
13	1,04	0,90	0,88	marciapiede sn - muretto
14	4,31	2,46	1,82	marciapiede sn - difr. civico 95
15	0,14	0,13	0,13	marciapiede ds - cordonata
16	0,14	0,13	0,13	marciapiede ds - cordonata
17	0,14	0,14	0,13	marciapiede ds - cordonata
18	0,19	0,18	0,19	marciapiede ds - cordonata
19	0,16	0,16	0,15	marciapiede ds - cordonata
20	0,12	0,12	0,11	marciapiede ds - muro cinta asilo
21	0,16	0,15	0,15	marciapiede ds - cordonata
22	0,12	0,11	0,10	marciapiede ds - muro cinta asilo
23	0,08	0,07	0,07	marciapiede ds - cordonata
24	0,08	0,07	0,06	marciapiede ds - cordonata
25	0,05	0,05	0,05	centro aiola spartitraffico
26	0,07	0,07	0,07	cordonata aiola spartitraffico
27	0,06	0,06	0,06	cordonata aiola spartitraffico

Tab. VI – Via dell'Istria – Misure di campo elettrico

Misura n.	Campo elettrico (V/m)	Altezza di misura (m)	Note e riferimenti
a	< 1,00	1,0	Corrisponde al punto 25 di Tab. V
b	< 1,00	1,0	Fra i punti 21 e 22 di Tab. V
c	< 1,00	1,0	Corrisponde al punto 11 di Tab. V
d	< 1,00	1,0	In linea con il punto 11 di Tab. V- verso strada

Fig. 6 – Via dell'Istria – Pianta di zona con indicazione dei punti di misura



Fig. 7 – Via dell'Istria – Punti di misura da 1 a 3



Fig. 8 – Via dell'Istria – Punto di misura 4



Fig. 9 – Via dell'Istria – Punto di misura 5



Fig. 10 – Via dell'Istria – Punti di misura 6 e 7



Fig. 11 – Via dell'Istria – Punti di misura da 8 a 10



Fig. 12 – Via dell'Istria – Punti di misura da 11 a 13



Fig. 13 – Via dell'Istria – Punto di misura 14



Fig. 14 – Via dell'Istria – Punto di misura 15



Fig. 15 – Via dell'Istria – Punti di misura da 16 e 17



Fig. 16 – Via dell'Istria – Punto di misura 18

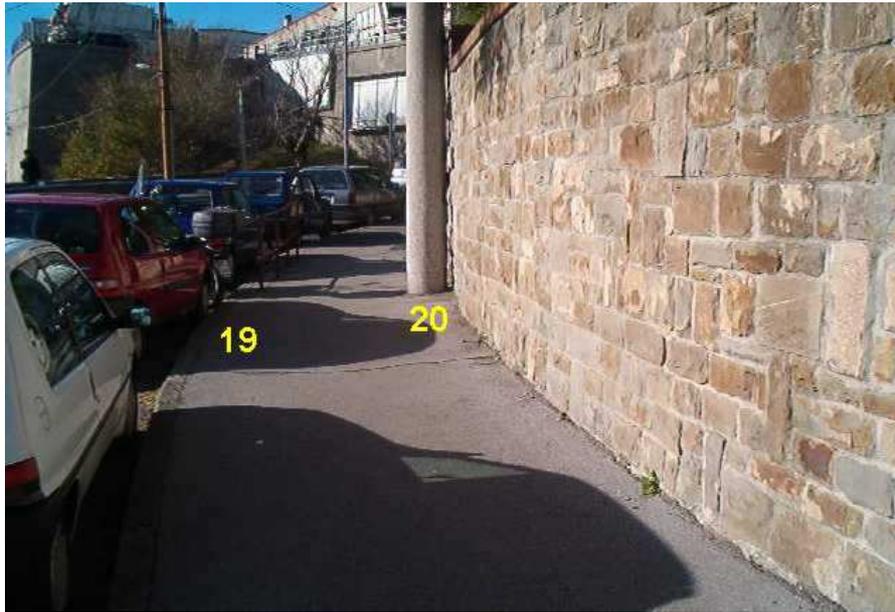


Fig. 17 – Via dell'Istria – Punti di misura da 19 a 20

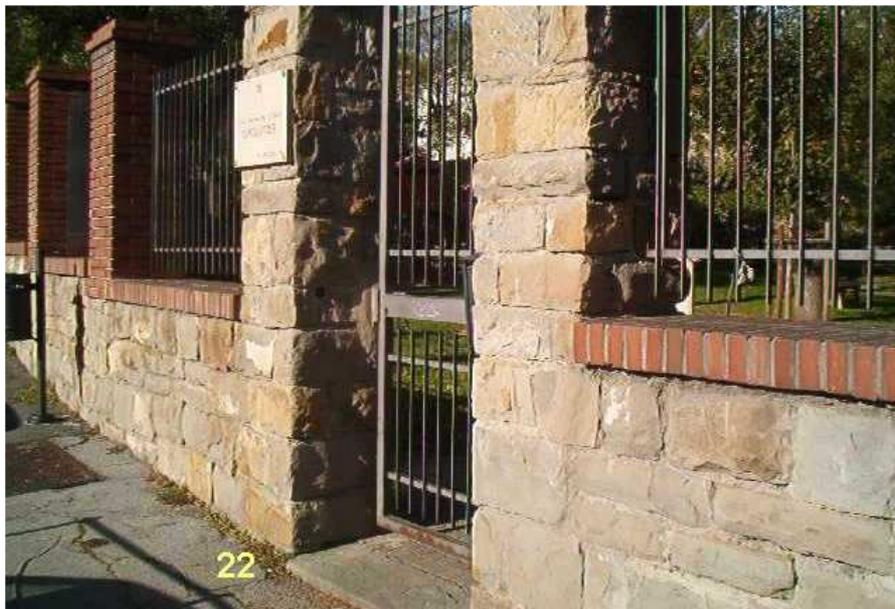


Fig. 18 – Via dell'Istria – Punto di misura 22



Fig. 19 – Via dell'Istria – Punti di misura 21, 23 e 24



Fig. 20 – Via dell'Istria – Punti di misura da 25 a 27

9.2 Padriciano paese

I risultati sono presentati nelle Tabb. da VII a XII. La pianta di zona è riportata in Fig. 21. Le sezioni trasversali in corrispondenza dei servizi interrati sono disponibili nelle Figg. da 22 a 24. Le misure sulle sezioni 3 e 5 sono state eseguite con passo fisso e quindi non è stata elaborata alcuna vista trasversale

Fotografie del sito si trovano in Figg. da 25 a 30.

Tab. VII – Padriciano paese - sezione 1 (ora: 9.00 – 9.10)
Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	1,91	1,96	1,82	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati (v. sezione trasversale)
2	3,82	3,55	3,33	
3	6,54	5,56	5,00	
4	11,00	8,50	7,31	
5	29,98	14,62	12,17	
6	4,44	3,61	3,24	
7	1,74	1,90	1,85	
8	1,55	1,60	1,57	
9	1,52	1,32	1,26	
10	1,33	1,17	1,11	
11	1,07	1,00	0,93	
12	0,54	0,51	0,50	

Tab. VIII – Padriciano paese - sezione 2 (ora: 9.15 – 9.20)
Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	0,71	0,31	0,19	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati (v. sezione trasversale)
2	0,98	0,31	0,26	
3	0,58	0,26	0,26	
4	0,35	0,23	0,17	
5	0,26	0,20	0,19	
6	0,31	0,26	0,18	
7	0,25	0,29	0,14	
8	0,12	0,06	0,01	

Tab. IX – Padriciano paese - sezione 3 (ora: 9.20 – 9.30)
Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura (m)
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	0,75	0,40	0,32	0,0
2	0,56	0,53	0,40	+0,5
3	2,15	0,67	0,43	+0,5
4	2,37	2,11	0,42	+0,5
5	1,84	0,64	0,42	+0,5
6	1,04	0,52	0,37	+0,5
7	0,52	0,38	0,30	+0,5
8	0,33	0,32	0,30	+0,5
9	0,34	0,30	0,24	+0,5
10	0,46	0,28	0,21	+0,5
11	0,48	0,33	0,20	+0,5
12	0,27	0,18	0,19	+0,5
13	0,15	0,12	0,10	+0,5
14	0,09	0,01	0,10	+0,6 ~

Tab. X – Padriciano paese - sezione 4 (ora: 9.30 – 9.35)
Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	0,65	0,26	0,19	in corrispondenza delle pareti perimetrali esterne degli edifici e sull'asse dei servizi interrati (v. sezione trasversale)
2	1,04	0,31	0,22	
3	0,65	0,27	0,19	
4	0,43	0,23	0,17	
5	0,26	0,19	0,14	
6	0,24	0,16	0,13	
7	0,31	0,11	0,09	
8	0,08	0,07	0,06	

Tab. XI – Padriciano paese - sezione 5 (ora: 9.40 – 9.50)
Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura (m)
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	2,91	2,56	2,40	0,0
2	3,79	3,19	2,92	+0,5
3	4,63	4,06	3,56	+0,5
4	5,50	4,85	4,56	+0,5
5	7,31	6,06	5,68	+0,5
6	9,83	7,86	6,89	+0,5
7	14,53	10,71	9,28	+0,5
8	20,83	15,09	12,48	+0,5
9	32,18	19,16	15,40	+0,5
10	50,09	24,16	18,33	+0,5
11	72,95	28,94	21,07	+0,5
12	85,08	32,53	23,94	+0,5
13	88,48	33,81	23,54	+0,5
14	76,23	31,69	22,42	+0,5
15	57,67	26,58	19,14	+0,5
16	38,09	22,06	16,45	+0,5
17	23,82	16,48	13,03	+0,5
18	15,25	11,63	10,21	+0,5
19	11,49	9,76	8,62	+0,5
20	8,19	7,48	6,52	+0,5
21	5,82	5,38	4,70	+0,5 e dislivello h + 0,3
22	4,69	4,42	4,08	+0,5
23	3,63	3,42	3,23	+0,5
24	2,91	2,72	2,60	+0,5
25	2,86	2,21	2,13	+0,5
26	2,93	1,88	1,82	+0,5
27	1,52	1,53	1,50	+0,5
28	1,30	1,31	1,29	+0,5
29	0,95	0,95	0,93	+0,5
30	0,86	0,83	0,82	+0,5
31	0,76	0,73	0,74	+0,3 ~

Tab. XII – Padriciano paese – Misure di campo elettrico

Misura n.	Campo elettrico (V/m)	Altezza di misura (m)	Note e riferimenti
a	< 1,00	1,0	Corrisponde al punto 1 di Tab. XI
b	< 1,00	1,0	Corrisponde al punto 13 di Tab. XI
c	< 1,00	1,0	Corrisponde al punto 20 di Tab. XI

Fig. 21 – Padriciano paese – Pianta di zona con indicazione delle sezioni di misura

Fig. 22 – Padriciano paese – sezione 1 – posizione servizi interrati

Fig. 23 – Padriciano paese – sezione 2 – posizione servizi interrati

Fig. 24 – Padriciano paese – sezione 4 – posizione servizi interrati



Fig. 25 – Padriciano paese – sezione 1 (parte destra)



Fig. 26 – Padriciano paese – sezione 1 (parte sinistra)



Fig. 27 – Padriciano paese – sezione 2



Fig. 28 – Padriciano paese – sezione 3

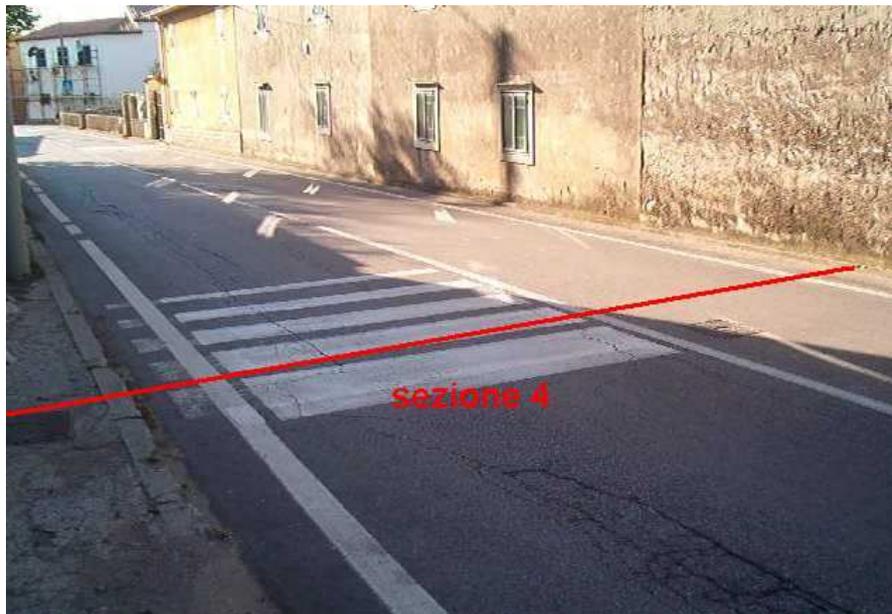


Fig. 29 – Padriciano paese – sezione 4



Fig. 30 – Padriciano paese – sezione 5

9.3 Padriciano, strada dei campi di golf

I risultati sono presentati nelle Tabb. XIII e XV. La pianta di zona è riportata in Fig. 31. Fotografie del sito si trovano in Figg. 32 e 33.

Tab. XIII – Padriciano, strada dei campi di golf – sezione A-A'– tratto 0-A'
(ora: 10.00 – 10.15) - Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura (m)
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	10,43	3,43	2,23	0,0
2	10,00	3,43	2,22	+0,5
3	7,20	3,10	2,08	+0,5
4	4,92	2,60	1,79	+0,5
5	3,35	2,07	1,58	+0,5
6	2,37	1,69	1,35	+0,5
7	1,74	1,32	1,09	+0,5
8	1,33	1,04	0,89	+0,5
9	1,05	0,88	0,76	+0,5
10	0,85	0,72	0,65	+0,5
11	0,71	0,61	0,56	+0,5
12	0,61	0,55	0,50	+0,5
13	0,52	0,47	0,44	+0,5
14	0,46	0,42	0,40	+0,5
15	0,41	0,39	0,37	+0,5
16	0,38	0,35	0,33	+0,5
17	0,34	0,33	0,32	+0,5
18	0,32	0,31	0,30	+0,5
19	0,30	0,30	0,30	+0,5
20	0,29	0,28	0,27	+0,5
21	0,27	0,27	0,27	+0,5

Tab. XIV – Padriciano, strada dei campi di golf – sezione A-A' – tratto 0-A
(ora: 10.15 – 10.30) - Misure di induzione magnetica

Misura n.	B (μ T)			Passo di misura (m)
	h = 0,0 m	h = 1,0 m	h = 1,5 m	
1	10,22	3,34	2,21	0,0
2	8,40	3,12	2,12	+0,5
3	5,61	2,67	1,90	+0,5
4	3,78	2,19	1,65	+0,5
5	2,72	1,76	1,38	+0,5
6	1,90	1,39	1,14	+0,5
7	1,45	1,12	0,95	+0,5
8	1,14	0,91	0,79	+0,5
9	0,88	0,75	0,68	+0,5
10	0,69	0,62	0,56	+0,5
11	0,57	0,52	0,49	+0,5
12	0,48	0,44	0,42	+0,5
13	0,41	0,38	0,36	+0,5
14	0,36	0,34	0,32	+0,5
15	0,33	0,30	0,29	+0,5
16	0,29	0,27	0,26	+0,5
17	0,27	0,26	0,24	+0,5
18	0,23	0,22	0,21	+0,5
19	0,21	0,21	0,20	+0,5
20	0,20	0,19	0,19	+0,5
21	0,19	0,18	0,17	+0,5

Tab. XV – Padriciano, strada dei campi di golf – Misure di campo elettrico

Misura n.	Campo elettrico (V/m)	Altezza di misura (m)	Note e riferimenti
a	42,20	1,0	Corrisponde al punto 0 della Tab. XIII
b	42,30	1,5	
c	54,60	1,0	Corrisponde al punto 20 della Tab. XIII
d	58,10	1,5	

Fig. 31 – Padriciano, strada dei campi di golf – Pianta di zona con indicazione della sezione di misura



Fig. 32 – Padriciano, strada dei campi di golf – sezione A-A' (visto da A')



Fig. 33 – Padriciano, strada dei campi di golf – sezione A-A' (visto da A)

10 CONCLUSIONI

I risultati delle misure dimostrano che il campo elettrico e l'induzione magnetica emessi dal cavo 132 kV rientrano sicuramente nei limiti di legge (DPCM 8 luglio 2003) che, per comodità di lettura, sono riproposti in Tab. XVI.

Tab. XVI – Limiti per la popolazione

Limite	Campo elettrico (V/m)	Induzione magnetica (μT)	Note
Limite di esposizione	5000	100	zone non abitate in permanenza (es.: strade)
Valore di attenzione	--	10	zone abitate in permanenza (impianti esistenti)
Obiettivo di qualità	--	3	zone abitate in permanenza (impianti nuovi – da 2003)

Nei cavi isolati il campo elettrico rimane confinato all'interno e il suo contributo all'inquinamento ambientale è risibile. Ciò è testimoniato dalle misure svolte a campione in Via dell'Istria e nel centro abitato di Padriciano dove, infatti, il valore rilevato non è distinguibile dai valori di fondo^(*). Il leggero incremento riscontrato in zona "Padriciano, strada dei campi di golf" è determinato dalla presenza di linee aeree Enel di alta tensione, come testimonia il fatto che il campo rilevato aumenta elevando l'altezza del sensore e avvicinandosi alle linee citate.

In sostanza, le misure dimostrano che il limite di 5000 V/m è sempre rispettato.

Dalle misure di induzione magnetica (riferimento: 1 m di altezza) si possono trarre le seguenti conclusioni:

1. In sede stradale e di marciapiede è sempre rispettato il limite di esposizione di 100 μT ; ciò anche nei punti in cui sono presenti giunti interrati i quali, imponendo l'allargamento delle fasi per ragioni funzionali, rappresentano i punti di maggiore criticità;
2. in prossimità delle pareti perimetrali esterne degli edifici dell'abitato di Padriciano, l'induzione magnetica determinata dal cavo 132 kV (schermato e senza giunti) e dalle sorgenti concorrenti non raggiunge mai il valore di 0,5 μT ;
3. la schermatura del tratto di cavo 132 kV che attraversa l'abitato di Padriciano mantiene intatta la sua integrità e funzionalità e consente di abbattere significativamente le emissioni (di un fattore ~10 rispetto al contributo teorico in assenza di schermo);
4. le misure svolte in Via dell'Istria dimostrano che in prossimità del cavo posato in sede stradale, pure in presenza di sorgenti concorrenti^(**), è sempre rispettato il valore di attenzione di 10 μT - applicabile nella fattispecie – e, nella maggior parte dei casi, anche l'obiettivo di qualità di 3 μT applicabile agli impianti progettati dopo il 2003;
5. In prossimità dell'ingresso della scuola materna di Via dell'Istria 170 (v. Figg. 34 e 35), i valori di induzione magnetica misurati sono al di sotto di quella che alcuni studi sanitari indicano come "soglia di attenzione epidemiologica" per l'infanzia (0,4 μT).

Dal punto di vista della caratterizzazione in frequenza, l'induzione magnetica a 50 Hz e in banda larga (5 Hz ÷ 2 kHz) sono risultate sostanzialmente sovrapponibili, indicando che nelle correnti di linea non sono presenti armoniche di ordine superiore di intensità apprezzabile (contenuto armonico \ll 1 %).

^(*) Nota: il valore < 1 V/m riportato in Tab. VI e Tab. XII sostituisce i valori di 0,1 V/m effettivamente letti sul display che, essendo al limite della soglia di rilevabilità dello strumento, sono debolmente significativi.

^(**) Nota: le sorgenti concorrenti risultano prevalenti nei punti di misura da 1 a 9 di Tab. V.



Fig. 34 – Via dell'Istria 170 – scuola materna



Fig. 35 – Via dell'Istria 170 – scuola materna