



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
Regione Autonoma Valle d'Aosta
Sezione Agenti Fisici – Area NIR

Campi magnetici a 50 Hz generati da elettrodotti ad alta tensione nel comune di Champdepraz.

Valutazione dell'esposizione della popolazione

Questa Agenzia è stata incaricata dall'Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Autonoma Valle d'Aosta (con lettera prot. n. 17036/DTA del 03/08/2007 prot. ARPA 5699 del 09/08/2007) di effettuare una nuova campagna di misura e valutazione di campo elettrico e magnetico generati alla frequenza di rete (50 Hz) da elettrodotti ad alta tensione sul territorio comunale di Champdepraz in correlazione con l'esposizione della popolazione. Tale richiesta fa seguito alla iniziativa di un comitato di cittadini residenti nella località Fabbrica in comune di Champdepraz che richiede all'autorità un aggiornamento dei dati rilevati in una campagna effettuata nell'anno 2002 alla luce del nuovo scenario normativo evoluto in questi anni nell'ambito della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrico e magnetico generati da elettrodotti.

Quadro normativo

La normativa vigente riferita alla protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti, è la seguente:

- Legge n. 36 del 22/02/01: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.” (Gazzetta Ufficiale n. 55 del 7 marzo 2001), con relativo decreto applicativo, previsto dall'art. 4,;
- DPCM 08/07/03 “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.” (Gazzetta Ufficiale n. 200 del 29 agosto 2003)

I livelli di riferimento previsti dal suddetto decreto applicativo sono:

Tipo di campo	Limiti di esposizione	Valori di attenzione	Obiettivi di qualità
Elettrico	5000 V/m	Non previsto	Non previsto
Magnetico	100 μT	10 μT	3 μT

- **Limiti di esposizione:** sono i valori che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione della popolazione.

- **Valori di attenzione:** non devono mai essere superati nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza di persone non inferiore a quattro ore giornaliere.
- **Obiettivi di qualità:** da rispettare nella progettazione di nuovi elettrodotti e nella progettazione di nuovi insediamenti abitativi, di nuove aree gioco per l'infanzia, di nuovi ambienti scolastici e in generale di luoghi adibiti a permanenza di persone non inferiore a quattro ore giornaliere in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti sul territorio.

Tali valori, escluso il limite di esposizione che può essere istantaneo, sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio della rete.

I limiti di esposizione sono stati introdotti a tutela della salute umana contro l'insorgenza degli effetti acuti, immediatamente conseguenti all'esposizione, mentre i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, specifici della normativa italiana, hanno l'intento di tutelare la popolazione da eventuali effetti sulla salute a lungo termine.

La legge quadro n. 36/01, all'articolo 4, comma 1, lettera h), introduce il concetto di **fasce di rispetto per gli elettrodotti**, all'interno delle quali "non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore". Nel DPCM 08/07/03, all'articolo 6, vengono definiti i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto: esse sono le fasce circostanti l'elettrodotto soggette al superamento dell'obiettivo di qualità per il campo magnetico, calcolato tenendo conto di una portata in corrente dell'elettrodotto pari a quella in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (art. 2.6 e 3.1). Tale corrente è in genere maggiore della mediana giornaliera nelle normali condizioni di esercizio considerata per la valutazione del rispetto dell'obiettivo di qualità.

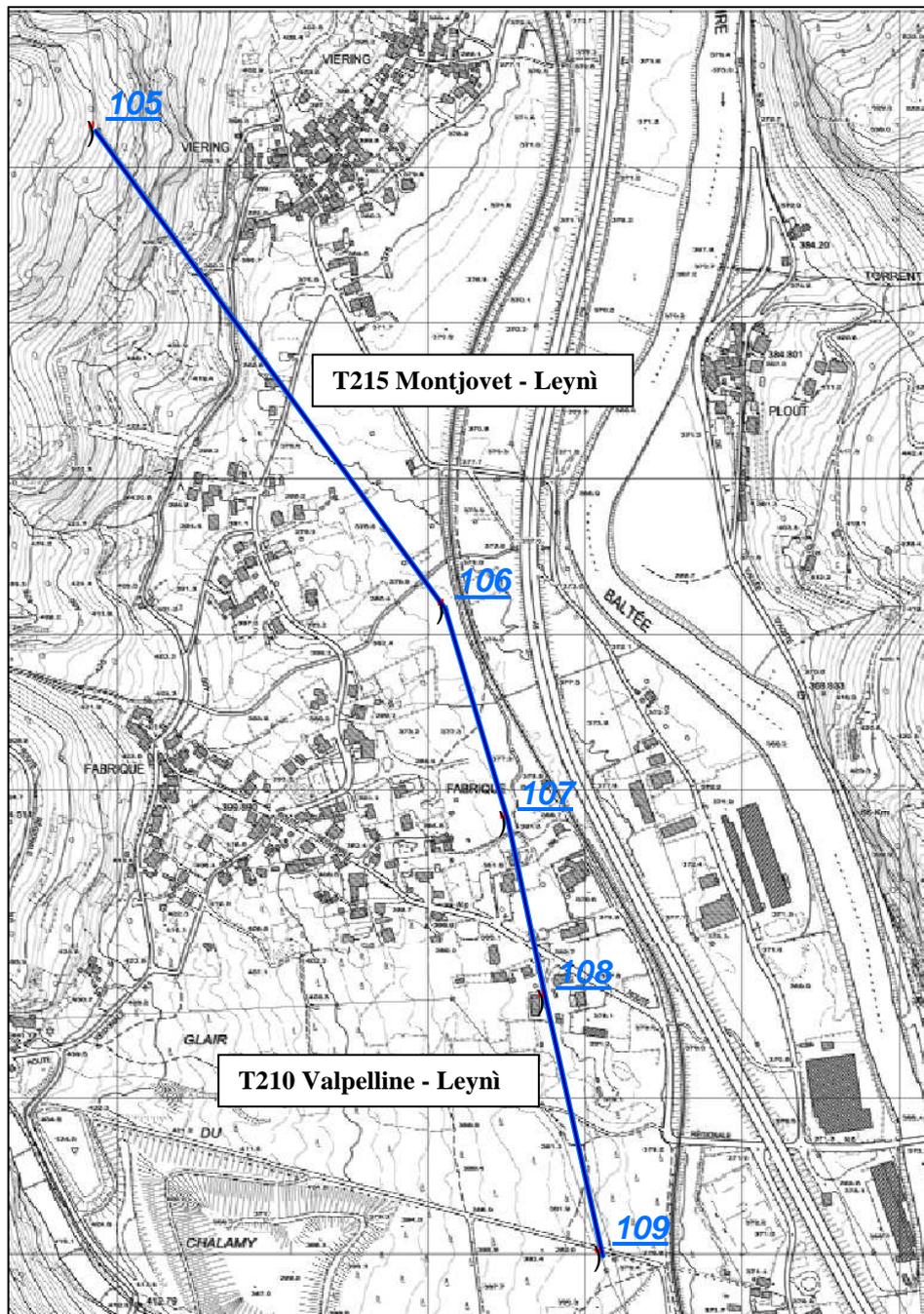
La comunicazione dell'ampiezza delle fasce di rispetto e dei dati necessari per il loro calcolo è competenza dei Gestori degli impianti. La metodologia con cui si devono calcolare tali fasce è descritta nel Decreto del 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" pubblicato sulla G.U. n. 156 supplemento ordinario n. 160 in data 05-07-2008, che per le parti tecniche richiama la norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee aeree e in cavo" (02 - 2006).

La legge quadro n. 36/01, all'articolo 14 identifica nelle ARPA il personale addetto al controllo e vigilanza a supporto delle amministrazioni provinciali e comunali. Nel DPCM 08/07/03, all'articolo 5, vengono definite le modalità per l'individuazione delle tecniche di misurazione e determinazione dei livelli di esposizione. Nel Decreto del 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica" pubblicato sulla G.U. n. 153 in data 02-07-2008, vengono esplicitate le operazioni necessarie alla misurazione del campo magnetico al fine di valutare il non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità.

Elettrodotti ad alta tensione nel comune di Champdepraz

Nelle località Le Sale e Fabbrica nel comune di Champdepraz transitano due elettrodotti ad alta tensione a 220 kV, condividendo gli stessi sostegni come in doppia terna. Un elettrodotto è denominato T210 ed ha come estremi le stazioni di Valpelline e Leyni, l'altro è indicato come T215 ed ha come estremi le stazioni di Montjovet e Leyni. Tale impianto elettrico risulta di prossimità con alcune abitazioni del luogo. Si riporta in Figura 1 la cartografia della località in oggetto con indicato l'asse delle linee, i tralacci con il numero che li identifica e la posizione specifica di ogni terna rispetto all'asse (coincidenti in un unico tratto grafico nella scala considerata).

Figura 1. Località Fabbrica nel comune di Champdepraz, elettrodotti AT presenti



scala 1:10000

“Elemento della CTRN ceduto in data 28.08.2007 N. 1156.”

Grandezze fisiche misurate

Le grandezze fisiche implicate nello studio in oggetto sono il **campo elettrico** generato dalle parti in tensione ed il **campo magnetico** generato dal passaggio della corrente elettrica nei conduttori. Tali grandezze fisiche dipendono da parametri diversi ed interagiscono in modo diverso con l'ambiente circostante.

Il **campo elettrico**, misurato in volt al metro (V/m), dipende, per quanto riguarda le linee elettriche aeree, dalla tensione dei conduttori, parametro che rimane pressoché costante lungo tutto il percorso dell'elettrodotto, e dalla distanza tra questi ed il terreno sottostante. Il campo elettrico generato dagli elettrodotti viene schermato molto facilmente dalla struttura stessa degli edifici.

Il **campo magnetico** (in letterature scientifica indicato più propriamente come "**campo di induzione magnetica**"), misurato in microtesla (μT), dipende invece dall'intensità della corrente che transita lungo le linee, dalla geometria dei sostegni e dalla distanza dai conduttori, quest'ultimo parametro è variabile con la temperatura del conduttore che dipende dal flusso di corrente e dalle condizioni climatiche. Il campo magnetico non risente in modo significativo della presenza di strutture (pareti, oggetti, ecc.) presenti nell'ambiente circostante e non è quindi facilmente schermabile. Nel caso delle linee elettriche l'intensità della corrente è fluttuante nel tempo, di conseguenza anche i livelli di campo magnetico generati rispecchiano l'andamento temporale della corrente.

Per la valutazione dell'esposizione a lungo termine della popolazione ai campi generati alla frequenza di rete di 50 Hz, la grandezza fisica che viene quindi presa in considerazione è il solo campo magnetico (*induzione magnetica*), visto che il campo elettrico viene facilmente schermato non raggiungendo all'interno degli edifici valori significativi. Inoltre l'interazione del campo elettrico con il corpo umano è di tipo superficiale: al di sotto della soglia di esposizione indicata nella normativa (5000 V/m) non si verificano interazioni. Al contrario, il campo magnetico, che non può essere facilmente schermato, penetra negli edifici ed agisce in profondità sull'organismo intero.

Strumentazione utilizzata per l'effettuazione dei rilievi

La strumentazione utilizzata per effettuare le misure è la seguente:

Misuratore di campo elettrico e magnetico ENERTECH Consultants. mod. EMDEXII

Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz

Intervallo misura: Campo elettrico 10 – 15 000 V/m ; Induzione magnetica 0,01 – 300 μT

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 1 %.

Misuratore di campo elettrico e magnetico ENERTECH Consultants. mod. EMDEX LITE

Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz

Intervallo misura: Induzione magnetica 0,01 – 70 μT

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 2 %.

Sistema E-PROBE

Sonda di misura del campo elettrico completa di fioretto isolante telescopico di lunghezza fino a 1.5 m - da accoppiare al misuratore EMDEXII

Campo di misura 10V/m – 18kV/m

Risoluzione 1 V/m conforme alle norme IEEE Standards

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 2 %.

Metodologia di lavoro

Le abitazioni interessate dal passaggio dei due elettrodotti, ed anche le linee stesse, sono tutte state costruite in periodi precedenti l'entrata in vigore del DPCM 08/07/2003, quindi il valore limite a cui riferirsi nell'ottica di un controllo di rispetto di limiti è il valore di attenzione di $10 \mu\text{T}$, inteso come mediana nell'arco di 24 ore di normali condizioni di esercizio. Per la valutazione, invece, dell'esposizione della popolazione si ritiene ragionevole individuare l'esposizione media annuale come parametro descrittivo visto che gli andamenti annuali delle correnti transitanti nelle linee non subiscono variazioni notevoli legate alla stagionalità o a particolari eventi.

La metodologia di lavoro che ARPA ha quindi deciso di adottare per la realizzazione del lavoro in oggetto è articolata come segue:

- Analisi dello studio effettuato nel 2002.
- Richiesta al gestore delle linee (TERNA) dei dati geometrici e dei parametri elettrici per i due elettrodotti.
- Calcolo della distanza dell'isolinea del valore di attenzione ($10 \mu\text{T}$) e sua proiezione al suolo, utilizzando la metodologia indicata nel Decreto del 29 maggio 2008 per la Dpa, di seguito indicata come D_{10} .
- Effettuazione di misure sistematiche di campo magnetico nei locali accessibili di alcune abitazioni rientranti all'interno di D_{10} e di quelle in cui erano state effettuate misure interne nella campagna precedente.
- Effettuazione di misure esterne di campo elettrico lungo sezioni perpendicolari alle linee in alcune pertinenze esterne delle abitazioni.
- Effettuazione di misure prolungate nel tempo di campo magnetico in un punto interno degli edifici, rappresentativo delle condizioni di maggiore esposizione, al fine di valutare l'andamento temporale dei livelli di campo.
- Analisi dei dati ottenuti dalle misure e degli andamenti temporali delle correnti trasportate dagli elettrodotti al fine di valutare sia l'esposizione media annuale nelle abitazioni monitorate che il rispetto del limite normativo.

Tutte le misure effettuate nella presente indagine sono state eseguite secondo quanto indicato nella norma CEI 211-6, data di pubblicazione 2001-01.

Protocollo base per misure interne

Per le misure interne di campo magnetico si è deciso di effettuare una misura puntuale al centro stanza e una misura nei quattro angoli in ogni locale in cui vi sia accesso e permanenza di persone superiore alle 4 ore, ad un'altezza dal suolo compresa tra 1 e 1.5 m.

Misure prolungate nel tempo

In un'abitazione presa come campione si sono eseguite misure di campo magnetico prolungate nel tempo per tre settimane, ad intervalli di un minuto tra un rilievo e quello successivo, nel punto dell'abitazione in cui le misure istantanee hanno fornito il valore massimo. Nelle altre abitazioni si sono effettuate misure, con gli stessi parametri, ma per un periodo inferiore di tempo, 3 o 4 giorni, all'interno delle tre settimane di monitoraggio dell'abitazione campione.

Analisi dello studio effettuato nell'anno 2002

Nell'anno 2002 il quadro normativo prevedeva ancora come unico parametro per la protezione della popolazione dagli eventuali effetti a lungo termine dovuti all'esposizione ai campi elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti la distanza tra gli edifici e i conduttori a seconda della tensione applicata alle linee. Per quanto fosse già stata emanata la Legge Quadro con l'enunciazione dei principi generali e delle modalità da seguire per l'individuazione dei procedimenti atti alla protezione, i decreti applicativi con le procedure di misurazione e con i nuovi valori limite normativi non erano ancora stati emanati. Quindi nel 2002 i concetti di valore di attenzione, obiettivo di qualità e fascia di rispetto erano già ben enunciati, ma si era ancora in attesa della loro definizione quantitativa, nonché delle modalità operative per la loro misurazione e per il loro calcolo numerico. I valori numerici oggetto all'epoca di dibattito, a livello scientifico e legislativo, erano dell'ordine di 1 μT per il valore di attenzione e della metà per l'obiettivo di qualità, da intendersi come valori medi in un dato periodo definito. Anche per queste ragioni nella campagna di misure eseguita nel 2002 a Champdepraz sono state prese in considerazione fasce di territorio su cui estrapolare i valori di esposizione molto ampie, 100 m per parte dall'asse dell'elettrodotto, e sono state eseguite più misure in esterno rispetto a misure interne alle abitazioni, estrapolando l'andamento del campo magnetico alla stessa altezza dal suolo delle misure (1 m). ARPA nel 2002 non disponeva ancora di alcuni software di simulazione utilizzati nel presente lavoro, al contrario gli strumenti per le misure sono i medesimi in entrambe le campagne.

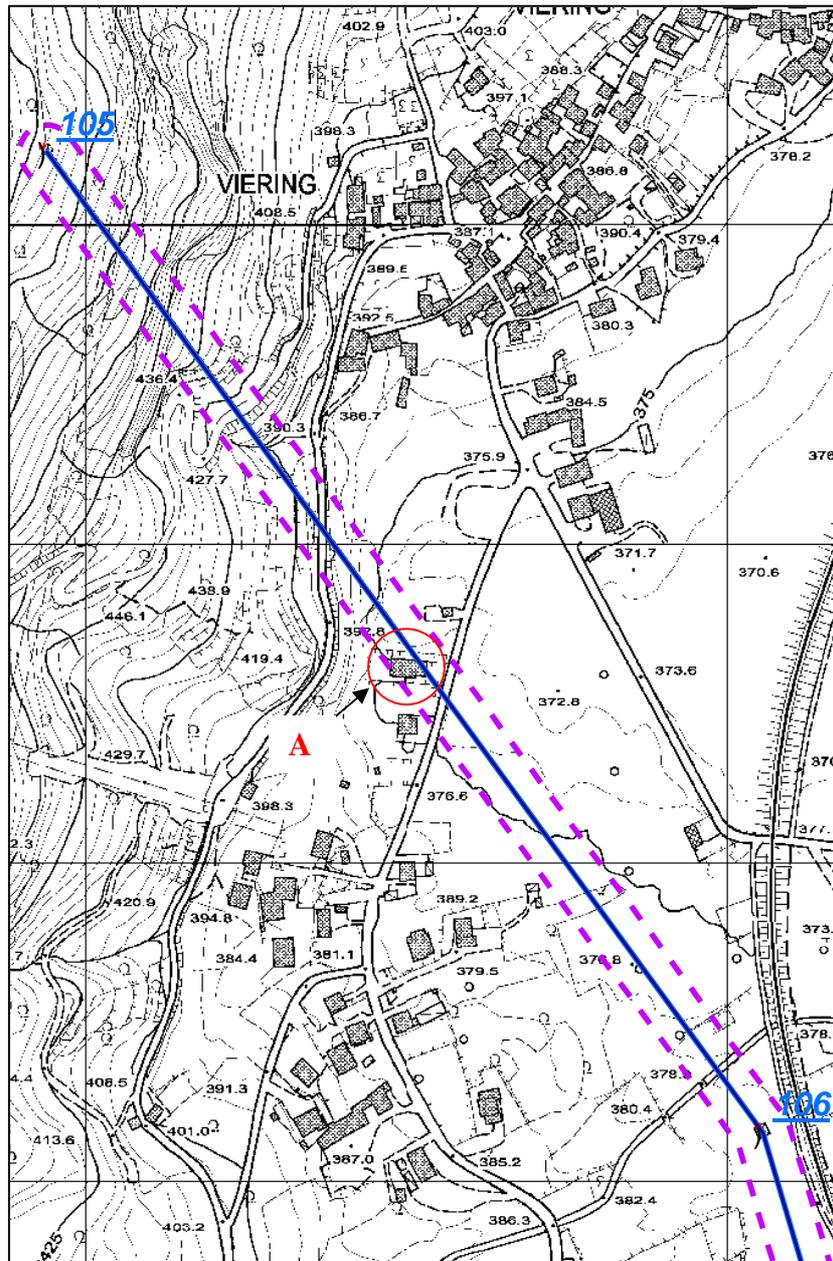
A fronte di tutte le considerazioni fin qui fatte, non sarà possibile confrontare immediatamente i risultati ottenuti dal lavoro descritto nel presente documento con i risultati ottenuti dalla campagna del 2002. Sarà necessaria una rielaborazione dei dati precedenti alla luce del nuovo quadro normativo di riferimento assunto a base del presente lavoro.

Ciò non significa che i risultati del precedente lavoro non siano da considerarsi attendibili e descrittivi con buona approssimazione dell'esposizione ai campi elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti sul territorio di Champdepraz preso in considerazione; quello che cambia è l'approccio alle misure e la loro interpretazione alla luce del quadro normativo che a tutt'oggi risulta più completo e stabile rispetto a quello ancora in evoluzione dell'anno 2002.

Interventi di misura

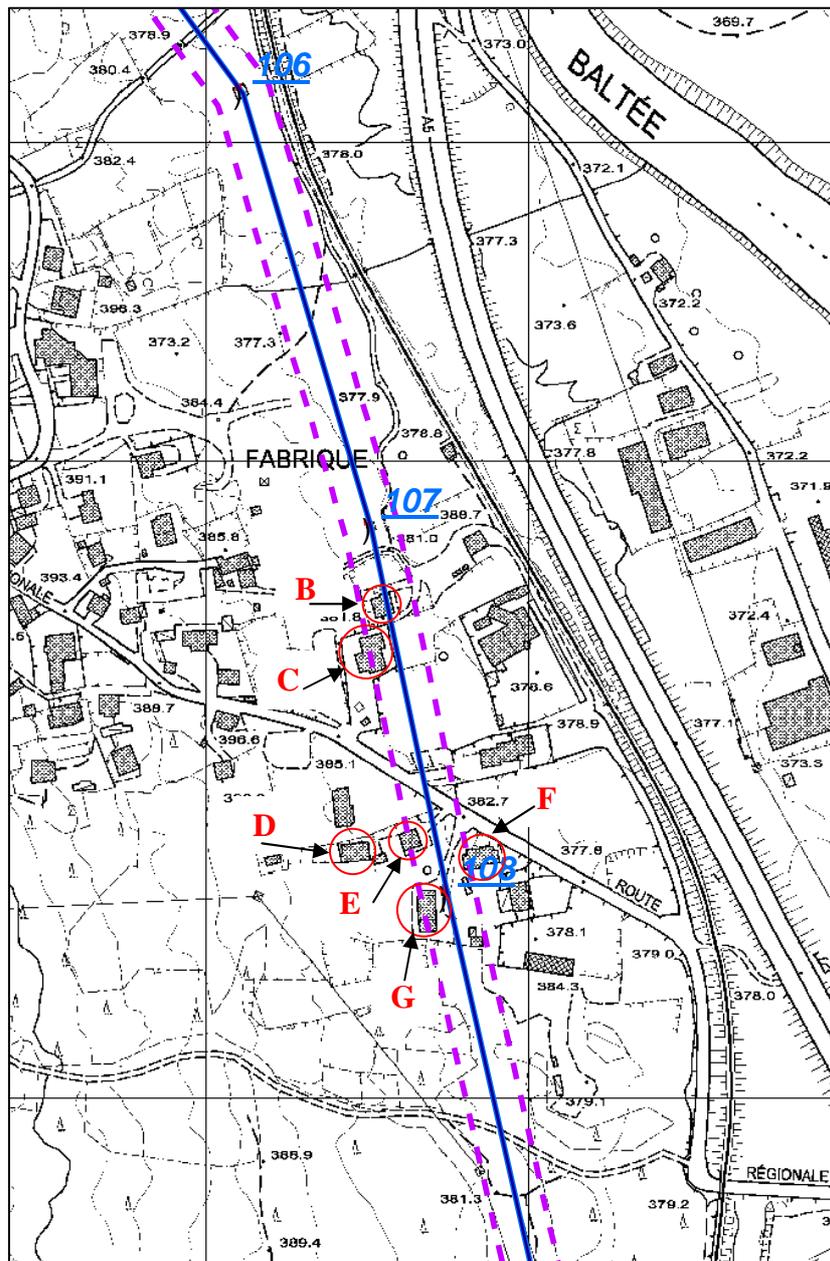
Il criterio utilizzato per selezionare le abitazioni in cui effettuare le misure è stato quello di scegliere gli alloggi più vicini ai conduttori negli edifici rientranti nella proiezione al suolo dell'isolinea dei 10 μT (D_{10}), calcolata impostando come corrente transitante negli elettrodotti la loro portata in corrente in servizio normale come definita nella norma CEI 11-60, data di pubblicazione 06-2002, e le abitazioni in cui erano già state effettuate misure interne durante la campagna di misura effettuata nell'anno 2002. Si riportano di seguito nella Figura 2 e nella Figura 3 le corografie delle località Le Sale e Fabbrica con l'indicazione della D_{10} (tratteggio viola) e delle abitazioni prese in considerazione per le misure interne identificate da una lettera.

Figura 2. Località Le Sale



scala 1:5000

“Elemento della CTRN ceduto in data 28.08.2007 N. 1156.”

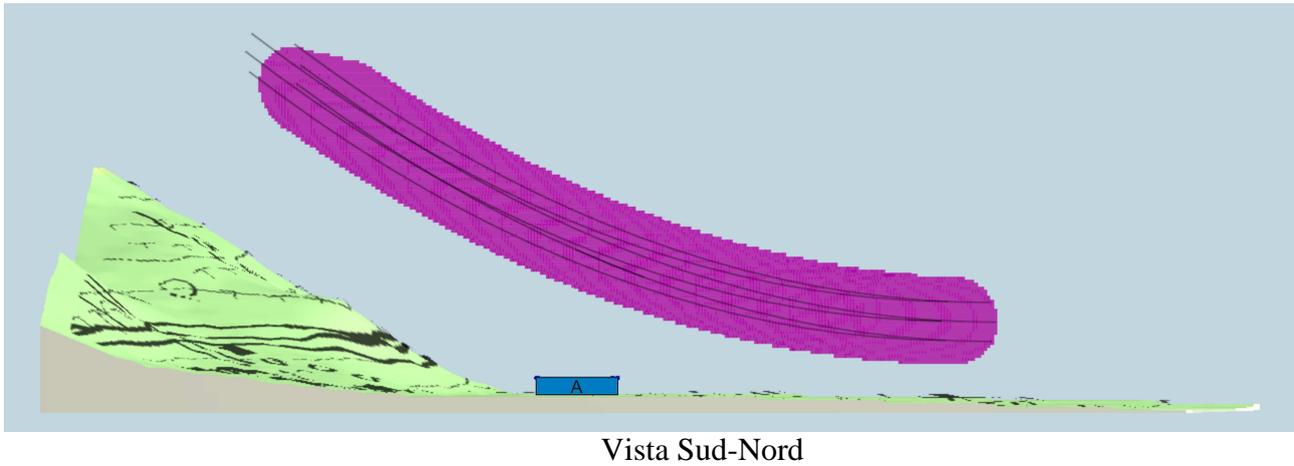
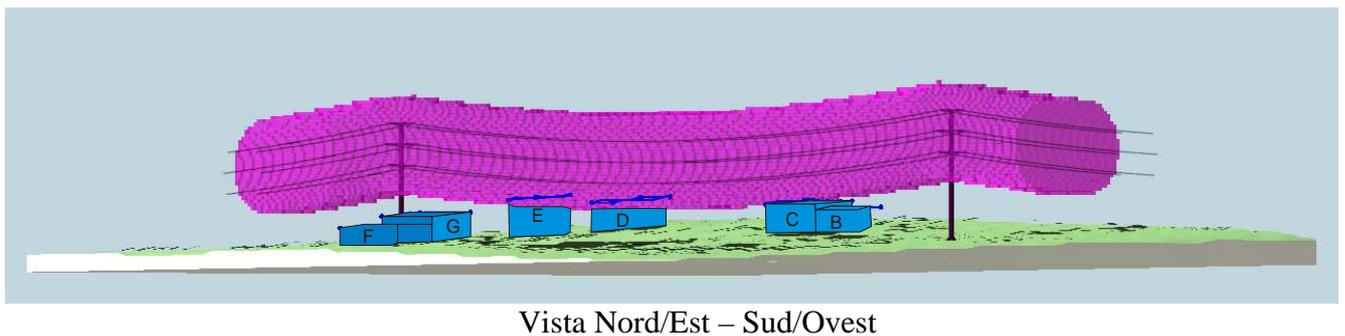
Figura 3. Località Fabbrica

scala 1:5000

"Elemento della CTRN ceduto in data 28.08.2007 N. 1156."

Le schede relative alle misure e valutazioni di esposizione per ogni abitazione controllata sono riportate in dettaglio nel documento **Allegato 1: Schede di Misura**

Le isolinee di campo magnetico racchiudono un volume intorno ai conduttori che ha forma, nel caso delle linee elettriche aeree, di cilindroide. Questo implica che rispetto alla proiezione al suolo del volume, lo spazio in cui non si rispettano i limiti è localizzato intorno ai conduttori e, a seconda della loro altezza e dell'andamento del terreno, può lambire o meno il suolo o gli edifici costruiti sotto la linea elettrica. A puro titolo esplicativo si mostrano di seguito nella Figura 4 e nella Figura 5 i cilindroidi racchiusi dalle isolinee dei $10 \mu\text{T}$, ricavati impostando come corrente transitante negli elettrodotti la portata in corrente in servizio normale come definita nella norma CEI 11-60, nelle località Le Sale e Fabbrica in cui sono presenti gli edifici oggetto di intervento (la scala delle figure non è definita).

Figura 4. Volume di rispetto dei 10 μ T, loc. Le Sale**Figura 5. Volume di rispetto dei 10 μ T, loc. Fabbrica**

Dal confronto delle due figure precedenti si nota chiaramente che il volume racchiuso dalle isolinee dei 10 μ T segue l'andamento dei conduttori: in località Le Sale, addossata al ripido versante della montagna su cui sale l'elettrodotto, la distanza tra i conduttori e le abitazioni sottostanti è tale per cui il volume di rispetto del valore di attenzione risulta molto distante dagli edifici, anche se la proiezione al suolo racchiude l'abitazione A. Viceversa in località Fabbrica, dove il territorio è pianeggiante, nonostante i tralicci siano alti più di venti metri, i conduttori risultano relativamente vicini agli edifici. Il volume dei 10 μ T interseca l'abitazione E e tocca l'abitazione C, le altre abitazioni pur essendo sotto i cavi non rientrano nel volume. L'abitazione D sembra essere interna al volume ma è un effetto della prospettiva: come si vede chiaramente in Figura 3 essa risulta lontana dai conduttori. Ricordiamo che tale volume è stato calcolato impostando per entrambi gli elettrodotti una corrente transitante uguale alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60: questa dovrebbe essere una condizione limite.

Valutazione del rispetto del valore di attenzione e dell'esposizione media

Rispetto del valore di attenzione

Il metodo di misura e valutazione del campo magnetico al fine della verifica del non superamento del valore di attenzione è introdotto come principio nel DPCM 8 luglio 2003, e la procedura definitiva è contenuta nel decreto del 29 maggio 2008 pubblicato sulla G.U il 2 luglio 2008. Le misure eseguite nella presente campagna sono state effettuate con modalità congrue a quanto definito nei due decreti. Quindi il risultato fornito dall'analisi dei dati è da intendersi come esaustivo per quanto riguarda il rispetto del valore di attenzione nei giorni di misura. Si riportano di seguito in Tabella 1 i valori della mediana giornaliera misurata nelle diverse abitazioni:

Tabella 1. Mediana del campo magnetico nelle 24 ore dei giorni di misura, espressa in μT

Abitazione	Data	Mediana 24 ore (μT)
A	12/06/08	0.34
A	13/06/08	0.24
A	14/06/08	0.39
A	15/06/08	0.36
B	12/06/08	2.36
B	13/06/08	1.72
B	14/06/08	2.56
B	15/06/08	2.45
B	16/06/08	1.44
B	17/06/08	0.82
B	18/06/08	1.45
B	19/06/08	1.90
B	20/06/08	2.02
B	21/06/08	2.77
B	22/06/08	2.92
B	23/06/08	2.75
B	24/06/08	2.36
B	25/06/08	2.05
C	12/06/08	3.00
C	13/06/08	2.11
C	14/06/08	3.34
D	17/06/08	0.15
D	18/06/08	0.29
D	19/06/08	0.38
E	17/06/08	0.68
E	18/06/08	1.35
E	19/06/08	1.83
F	21/06/08	2.21
F	22/06/08	2.34
F	23/06/08	2.21
G	21/06/08	2.03
G	22/06/08	2.13
G	23/06/08	1.98

Le mediane massime registrate nei giorni di misura per ogni abitazione monitorata sono evidenziate in grassetto nella Tabella 1, la massima mediana tra tutte risulta di **3.34 μT** , valore decisamente inferiore al valore di attenzione di 10 μT . Ciò significa che nei giorni di misura i valori di riferimento normativi non sono stati superati. Va però detto che se nel caso specifico fosse applicabile l'obiettivo di qualità (3 μT) esso sarebbe stato superato.

Per gli altri periodi temporali è stata fatta un'analisi mediante estrapolazioni che fornisce una significativa indicazione dei livelli di campo ma non rappresenta un accertamento legale del rispetto dei limiti di legge. Come già detto in precedenza l'andamento della corrente transitante negli elettrodotti è molto variabile nel tempo. Avendo a disposizione gli andamenti di corrente per alcuni anni, oltre che nel periodo di misura, è possibile fare un'analisi indiretta dei valori di campo magnetico presenti nelle abitazioni monitorate negli stessi anni. Tale analisi è di tipo esclusivamente indicativo per valutare se potenzialmente potrebbero esserci superamenti del valore limite nelle normali condizioni di esercizio delle linee in particolari periodi dell'anno, oppure in particolari condizioni di carico. È comunque un'ottima analisi di tipo conoscitivo per individuare eventuali periodi dell'anno in cui il campo magnetico aumenta ed eventualmente definire periodi di monitoraggio strumentale e controllo specifici.

I programmi di calcolo utilizzati per l'esecuzione delle elaborazioni necessarie ad ottenere i valori di campo magnetico nei punti di misura prolungata negli anni di cui si hanno a disposizione i dati di corrente, sono i seguenti:

- WinEDT, modulo WinELF (Vector)
- MoE – v1 (CESI)

Si riportano di seguito in Tabella 2 i valori di mediana massima giornaliera del campo magnetico ricavata dall'analisi dei dati di corrente transitata negli anni 2005, 2006 e 2007 relativamente ai punti di misura prolungata considerati nel presente studio:

Tabella 2. Mediane massime giornaliere di campo magnetico, 2005, 2006 e 2007, valori espressi in μT

ABITAZIONI	Mediana massima 2005	Mediana massima 2006	Mediana massima 2007
A	0.52	0.63	0.70
B	3.48	4.17	4.66
C	4.73	5.62	6.33
D	0.74	0.88	0.99
E	3.56	4.23	4.76
F	2.66	3.20	3.58
G	2.58	3.08	3.46

I risultati ottenuti mostrano che in quasi tutte le abitazioni monitorate le mediane massime giornaliere di campo magnetico calcolate nei tre anni risultano superiori all'obiettivo di qualità fino a raggiungere in una abitazione i **6.33 μT** , valore in ogni caso inferiore al valore di attenzione. Si nota, inoltre, una tendenza in aumento passando dal 2005 al 2007.

Esposizione media al campo magnetico

- ***Esposizione nelle abitazioni***

Il campo magnetico generato dalle linee elettriche ad alta tensione, essendo strettamente correlato alla corrente transitante in linea, varia fortemente nella giornata e, più in generale, nel corso dell'anno. Per fornire un'adeguata valutazione dell'esposizione a cui sono soggetti i residenti in abitazioni prossime alle linee è ragionevole esprimere i valori elaborati come medie annuali.

In prima analisi si riportano in Tabella 3 i valori medi di campo magnetico per i tre anni 2005, 2006 e 2007 ricavati dall'elaborazione delle correnti annuali negli stessi punti in cui sono state eseguite le misure prolungate, essendo questi rappresentativi della massima esposizione nei rispettivi edifici.

Anche per tali elaborazioni sono stati utilizzati gli stessi programmi di calcolo utilizzati per l'analisi precedente.

Tabella 3. Medie annuali di campo magnetico, 2005, 2006 e 2007, valori espressi in μT

ABITAZIONI	Media 2005	*Deviazione standard	Media 2006	Deviazione standard	Media 2007	Deviazione standard
A	0.23	0.13	0.30	0.17	0.34	0.17
B	1.53	0.87	1.99	1.12	2.26	1.10
C	2.07	1.18	2.69	1.52	3.09	1.49
D	0.32	0.18	0.42	0.24	0.48	0.23
E	1.56	0.89	2.02	1.14	2.32	1.12
F	1.18	0.67	1.53	0.86	1.73	0.85
G	1.14	0.65	1.47	0.83	1.69	0.82

**La deviazione standard dà un'indicazione relativa alla variabilità dell'andamento annuale del campo magnetico rispetto alla media.*

Come già specificato in precedenza i valori indicati in Tabella 3 rappresentano i valori medi annuali di campo magnetico stimati negli anni 2005, 2006 e 2007 nei punti di maggior esposizione dei rispettivi edifici. In via del tutto cautelativa si sono in prima approssimazione, considerati tutti gli abitanti residenti nell'edificio come esposti a tale valore massimo, anche se in realtà vivono in locali diversi.

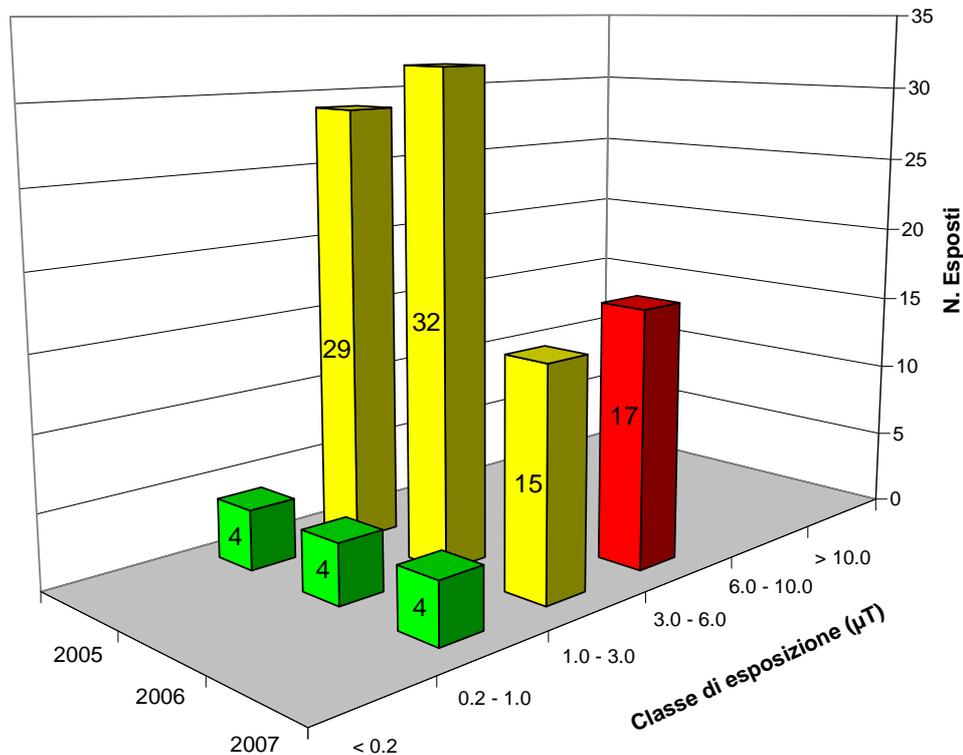
Se si definiscono delle classi di campo magnetico e si contano i residenti di un edificio nell'intervallo contenente il valore medio annuale stimato, si ottengono degli istogrammi che mostrano l'andamento nei tre anni dell'esposizione media degli abitanti, come se abitassero tutti nel punto di massima esposizione. Sono stati considerati solo i residenti delle abitazioni rientranti nella D_{10} (A, B, C, E, F, G) e sono state definite 6 classi di esposizione utilizzando come criteri di suddivisione i limiti normativi, i limiti di taratura della strumentazione ed i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati di tutti gli interventi effettuati.

Le classi individuate sono di seguito elencate:

- $< 0.2 \mu\text{T}$ estremo inferiore di taratura della strumentazione
- $0.2-1.0 \mu\text{T}$
- $1.0-3.0 \mu\text{T}$ $3 \mu\text{T}$ è l'obiettivo di qualità per nuovi elettrodotti o nuove abitazioni
- $3.0 - 6.0$
- $6.0-10.0 \mu\text{T}$
- $> 10.0 \mu\text{T}$ $10 \mu\text{T}$ è il valore di attenzione per il risanamento dell'esistente

L'amministrazione comunale ha fornito i dati del numero di residenti nei diversi edifici nei tre anni 2005 – 2007, che sono quindi stati abbinati alla relativa classe. Il risultato viene riportato di seguito nel grafico di Figura 6 ed esplicitato nella relativa tabella:

Figura 6. Numero di residenti per classe di esposizione: anni 2005, 2006 e 2007

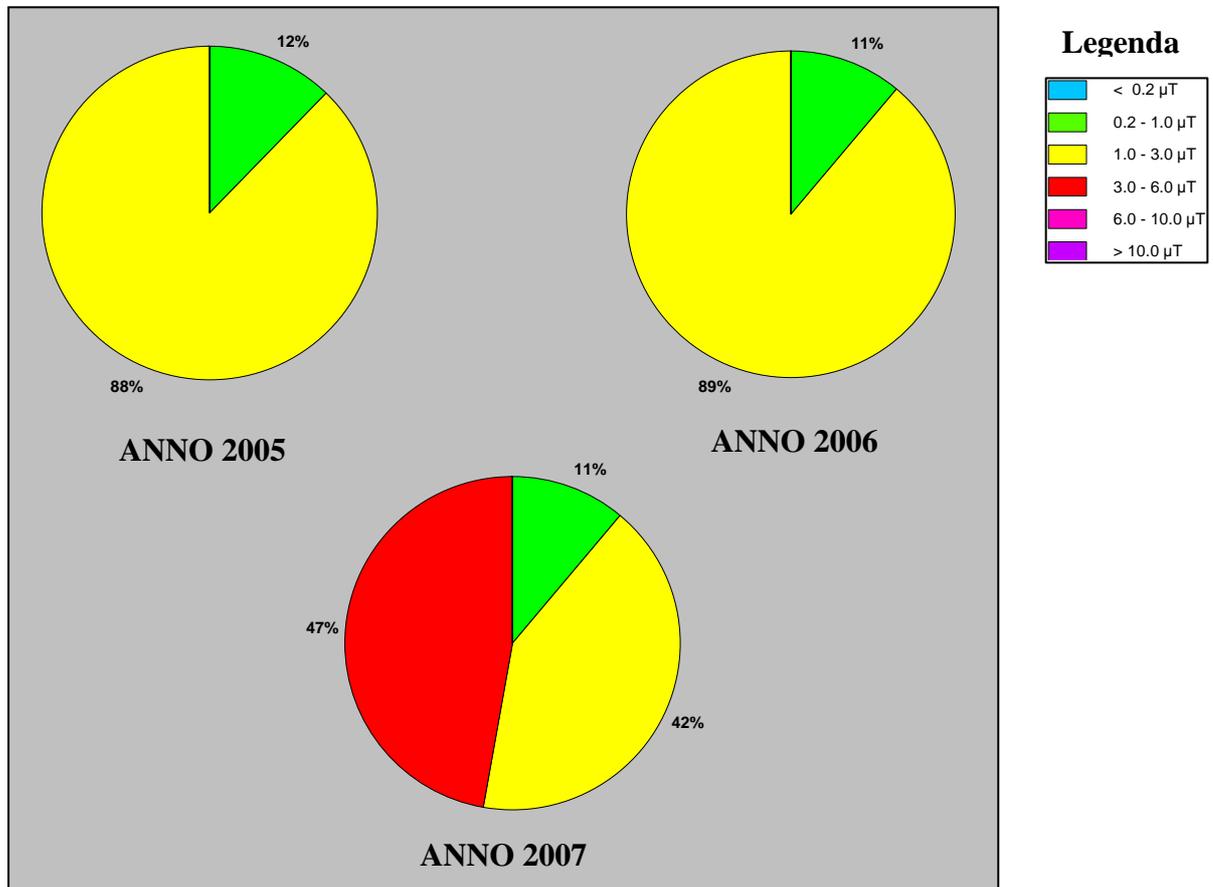


Classe di esposizione (µT)	Residenti		
	Anno 2005	Anno 2006	Anno 2007
< 0.2	4	4	4
0.2 - 1.0	29	32	15
1.0 - 3.0	17	0	0
3.0 - 6.0	0	0	0
6.0 - 10.0	0	0	0
> 10.0	0	0	0
TOT	33	36	36

I dati riportati in Figura 6 mostrano che il numero di abitanti negli edifici rientranti nella fascia D₁₀ è piccolo con riferimento alla popolazione comunale (36 abitanti al giugno 2008, pari al 5 % della popolazione), ma i livelli di esposizione sono abbastanza elevati.

In Figura 7 si riportano, per ogni anno, gli stessi dati in forma di percentuali degli esposti per classe di esposizione relativamente al totale dei residenti negli edifici stessi:

Figura 7. Percentuale di residenti esposti per classe di esposizione



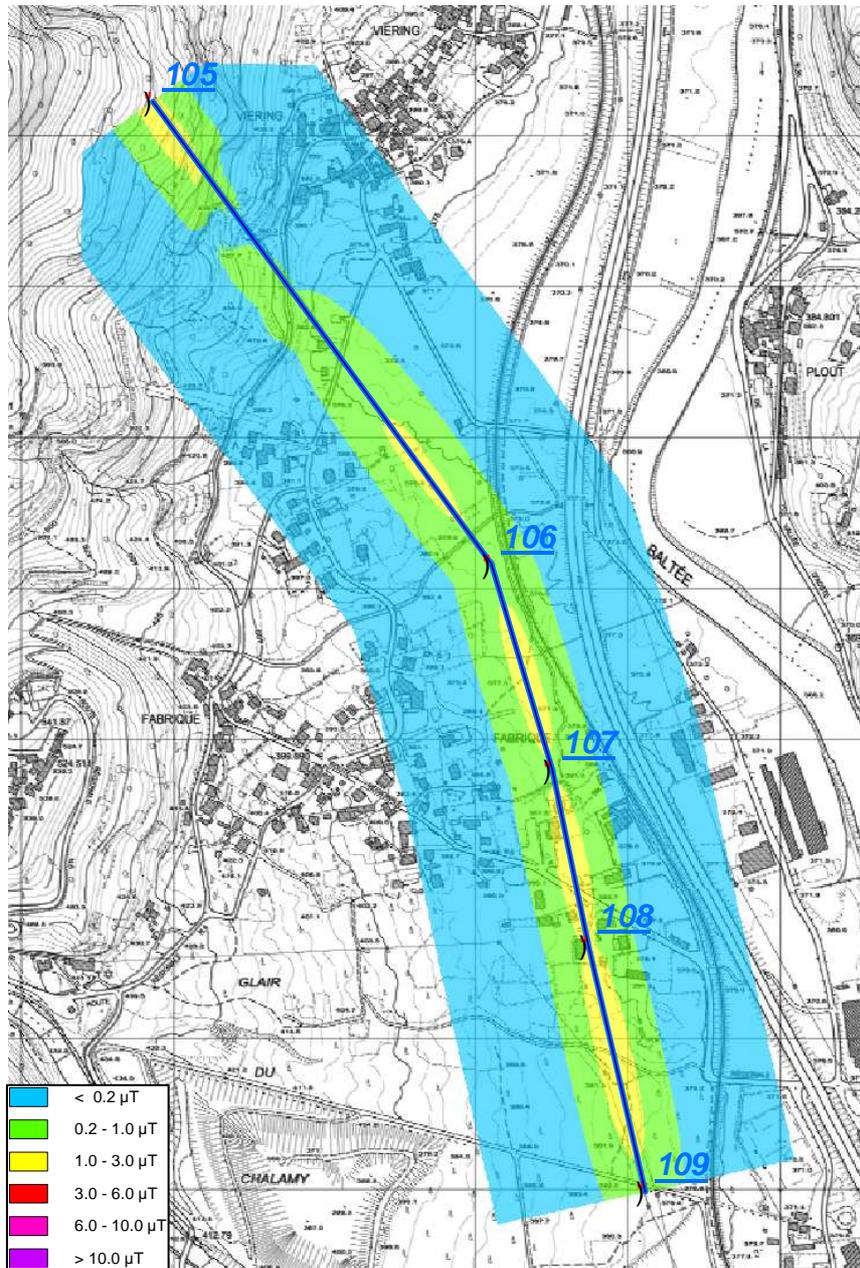
L'osservazione dei grafici evidenzia che la maggior parte dei residenti in fascia D_{10} è esposta a valori di campo magnetico compresi nella classe di esposizione tra 1 e 3 μT e si nota anche una chiara tendenza all'aumento: la metà degli esposti nella terza classe, sia nell'anno 2005 che nel 2006, passa, nell'anno 2007, alla classe superiore.

Si ribadisce che tale dato è una sovrastima cautelativa dovuta al fatto di considerare tutti i residenti come esposti al valore massimo rilevato nell'intero edificio.

- Esposizione sul territorio, in esterno

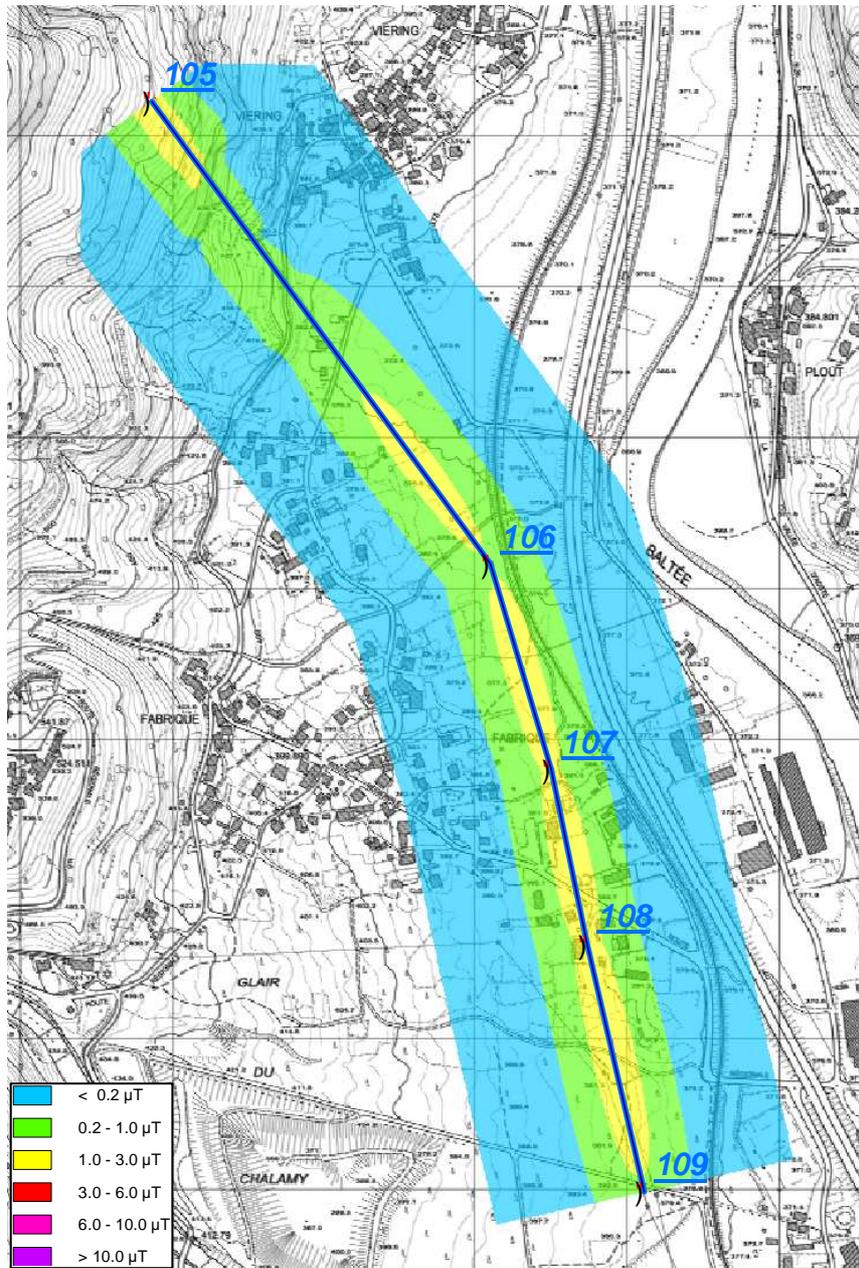
Oltre alla stima puntuale nelle abitazioni delle esposizioni medie annue dei residenti, è anche possibile eseguire stime del campo magnetico generato dal fluire nelle linee elettriche delle correnti medie, su vaste aree del territorio a diverse quote dal suolo, per i tre anni 2005 – 2007. Si mostrano di seguito gli andamenti calcolati a 1 m dal suolo:

Figura 8. Andamento del campo magnetico a 1 m dal suolo calcolato in base alle correnti medie annue, anno 2005



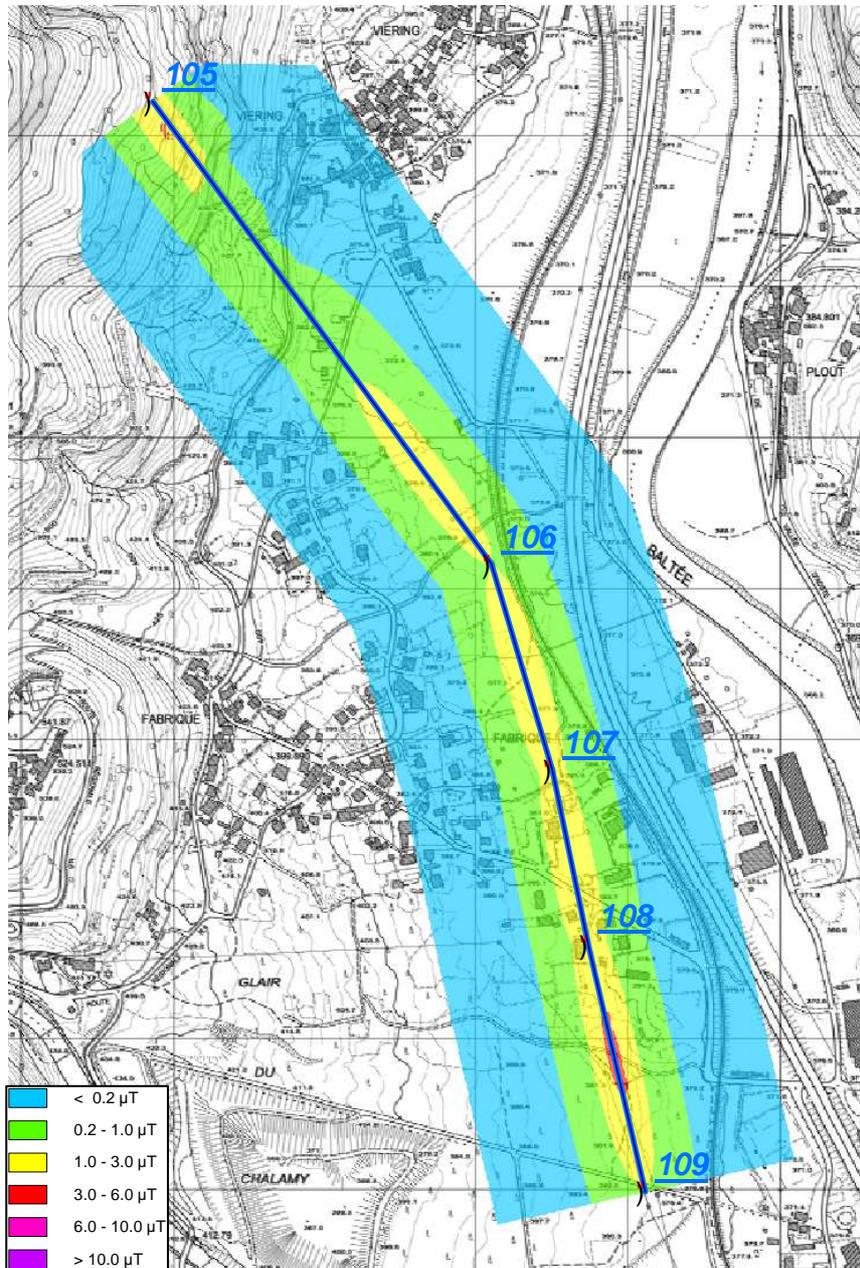
Scala 1:10000

Figura 9. Andamento del campo magnetico a 1 m dal suolo calcolato in base alle correnti medie annue, anno 2006



Scala 1:10000

Figura 10. Andamento del campo magnetico a 1 m dal suolo calcolato in base alle correnti medie annue, anno 2007



Scala 1:10000

Le stime nei tre anni 2005, 2006 e 2007 a 1 m dal suolo sottolineano che le zone di esposizione ai valori di campo magnetico più elevati sono contenute in ristrette fasce vicino al centro linea, comprendenti anche gli edifici di località Fabbrica considerati nel presente paragrafo. Tali valori, in zone edificate, non superano in ogni caso, a 1 m dal suolo, il valore di 3 μT .

Considerazioni conclusive

La campagna di misure per la valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti ad alta tensione transitanti sul territorio comunale di Champdepraz effettuata nel mese di giugno 2008 è stata svolta alla luce del quadro normativo che si è delineato negli ultimi anni. In particolare nella Legge Quadro n. 36 del 2001 sono contenuti i principi generali con cui affrontare il tema dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici. Con il decreto applicativo del DPCM 8 luglio 2003 si esplicitano i valori del limite di esposizione ($100 \mu\text{T}$), del valore di attenzione ($10 \mu\text{T}$) e dell'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) e i principi fondamentali per la loro misurazione e valutazione. Inoltre sono anche indicati i parametri principali per la determinazione delle fasce di rispetto. Infine nei recentissimi decreti del 29 maggio 2008 (pubblicati sulla gazzetta ufficiale in luglio 2008) sono contenute le procedure operative sia per la determinazione della fascia di rispetto che per le valutazioni del non superamento dei limiti.

Rispetto all'entrata in vigore dei decreti applicativi, sia gli elettrodotti che gli edifici oggetto di indagine nel presente lavoro risultano esistenti, quindi il valore di attenzione di $10 \mu\text{T}$ è il limite normativo da non superare. Tale valore non deve essere superato come mediana in 24 ore di una normale giornata di esercizio delle linee.

Le misure del mese di giugno non hanno segnalato superamenti del valore di attenzione in nessuna abitazione monitorata. Esse hanno però evidenziato come la prossimità di alcuni edifici agli elettrodotti comporti dei valori di campo magnetico presenti al loro interno mediamente di intensità prossima all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$). Le successive elaborazioni dei dati di corrente transitata negli anni 2005, 2006 e 2007 hanno ulteriormente confermato tali conclusioni, mostrando anche una tendenza all'aumento negli anni del campo magnetico presente nelle abitazioni monitorate. Anche se le stime teoriche non hanno dato risultati tali da evidenziare superamenti del valore di attenzione nei tre anni studiati, mostrano però che valori di intensità del medesimo ordine di grandezza si potrebbero presentare all'interno di alcune abitazioni.

Rispetto al lavoro effettuato nel 2002, nella presente campagna è stato possibile effettuare misure, secondo il metodo previsto dalla normativa ufficiale, atte alla verifica del non superamento di limiti legali. Inoltre avendo a disposizione i valori di corrente di tre anni consecutivi e nuovi strumenti informatici si sono potute effettuare elaborazioni e stime con simulazioni in grado di fornire un quadro generale di andamento anche nel tempo, oltre che nello spazio, dei valori medi e massimi di campo magnetico negli edifici più prossimi alle linee.

La vicinanza ai conduttori degli elettrodotti degli edifici siti in località Fabbrica nel comune di Champdepraz e le portate di corrente, evidenziano, confermate dalle misure sul campo e dalle stime teoriche, la necessità di un controllo sistematico su tali abitazioni, nello spirito della Legge Quadro 36/01 di diminuire al minimo possibile le esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici.

Dott.ssa Bottura Valeria
Assistente Tecnico Erik Imperial
Dip. Ing. Leo Cerise
Ing. Marco Cappio Borlino

Dott. Giovanni Agnesod
Responsabile Sezione Agenti Fisici