

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente  
Regione Autonoma Valle d'Aosta



Sezione Radiazioni Ionizzanti, Non Ionizzanti, Rumore e Vibrazioni – C.R.R.

**LIVELLI DI CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO ALLA FREQUENZA DI 50 Hz  
PRODOTTI DA ELETTRODOTTI AD ALTA TENSIONE  
NEL TERRITORIO COMUNALE DI CHAMPDEPRAZ  
STIMA DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE**

*RELAZIONE TECNICA*

La presente relazione tecnica contiene i dati acquisiti nella campagna di misure dell'esposizione della popolazione del comune di Champdepraz ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale di 50 Hz, generati dal passaggio di corrente negli elettrodotti ad alta tensione presenti sul territorio comunale e le valutazioni eseguite, anche con l'uso di modelli teorici, al fine di stimare l'esposizione della popolazione ai campi suddetti.

**Normativa vigente**

La legislazione attuale indica i *limiti di* esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz), fissati dal DPCM del 23/4/92 nella misura di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5000 V/m per il campo elettrico. Essi tutelano la popolazione dall'insorgere di effetti acuti. In tale DPCM vengono anche indicate le minime distanze ammissibili tra i conduttori degli elettrodotti e le abitazioni. Per elettrodotti a 132 kV la minima distanza da rispettare è di 10 m, per quelli a 220 kV tale distanza sale a 18 m, infine per gli elettrodotti a 380 kV la distanza minima tra i conduttori e le abitazione deve essere di 28 m.

La legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L. 36 del 22/2/2001) prevede l'emanazione di un apposito decreto per la determinazione dei *valori di cautela*, che dovranno mirare alla tutela della popolazione dai possibili effetti a lungo termine dovuti a campi elettrici e magnetici a 50 Hz. I valori di cautela oggetto di discussione variano da qualche decimo di  $\mu$ T a qualche  $\mu$ T per l'induzione magnetica e sono dell'ordine di 1000 V/m per il campo elettrico. Nell'ottica della minimizzazione dell'impatto elettromagnetico ambientale, è prevista inoltre l'introduzione di *obiettivi di qualità* per le linee elettriche di nuova costruzione, ancora inferiori ai valori di cautela. Tutti questi valori dovrebbero essere intesi come media o come mediana calcolata nel lungo periodo. Al momento non sono stati definiti né i livelli dei valori di cautela e degli obiettivi di qualità, né le modalità di misura.

## Dati demografici e cartografici

Alla base dello studio vi sono i dati cartografici e demografici che l'Ufficio Tecnico comunale ha fornito a questa Agenzia. Essi sono fondamentali per ottenere le informazioni territoriali necessarie al fine di stabilire:

- 1) le fasce intorno alle linee elettriche in cui i livelli di campo ambientali possono risentire in modo significativo della loro presenza;
- 2) le abitazioni presenti e gli abitanti residenti in ogni abitazione compresa in tali fasce.

## Linee elettriche ad alta tensione presenti

Sul territorio comunale di Champdepraz è presente un elettrodotto ad alta tensione costituito da due linee aeree a tensione nominale di 220 kV, e precisamente:

- linea n° 210 Valpelline - Leynì
- linea n° 215 Montjovet - Leynì

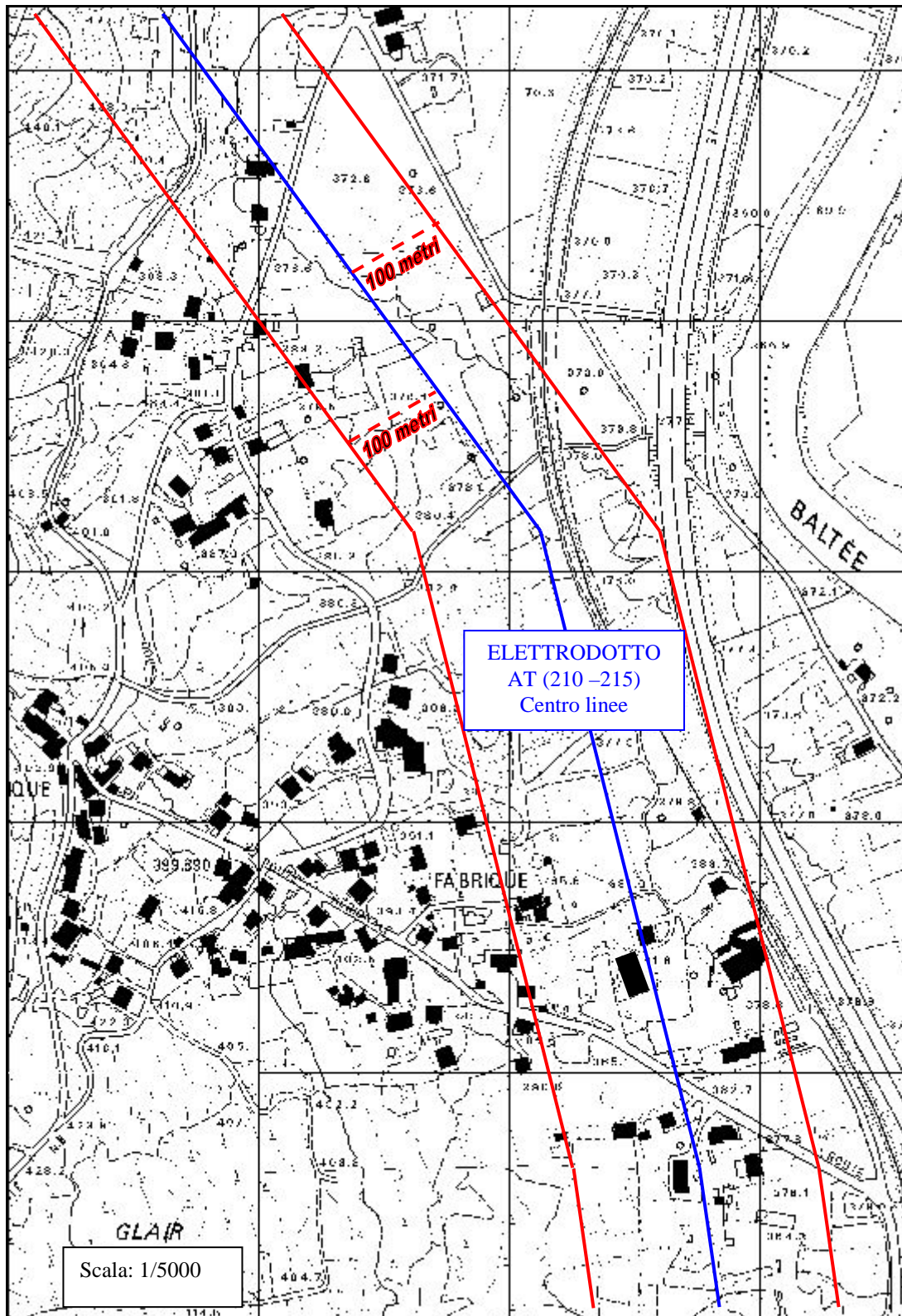
Discendendo dal costone scosceso a nord della frazione Le Sale, l'elettrodotto transita nella parte pianeggiante del comune di Champdepraz, dapprima costeggia l'abitato di La Sale per poi attraversare la zona sud-est di località Fabrique, dove alcune campate passano in estrema vicinanza ad edifici adibiti ad abitazione residenziale (foto 1).

*Foto 1 : Comune di Champdepraz, località Fabrique – tralicci elettrodotto linee 210 –215.*



Nella pagina successiva viene riportata la cartografia in scala 1/5000 relativa al tracciato dell'elettrodotto insistente sul territorio comunale di Champdepraz.. In rosso sono state indicate le fasce poste a 100 metri da entrambi i lati rispetto al centro dell'elettrodotto.

Comune di Champdepraz - Cartografia con indicazione fasce (d < 100 m da centro elettrodotto AT).



## Grandezze fisiche misurate

Le grandezze fisiche implicate nello studio in oggetto sono il campo elettrico ed il campo magnetico connessi alla presenza degli elettrodotti ad alta tensione per il trasporto dell'energia elettrica dalla zona di produzione alle utenze industriali e civili. Tali grandezze fisiche, pur essendo intimamente legate tra loro, dal punto di vista macroscopico dipendono da parametri diversi ed interagiscono in modo diverso con l'ambiente circostante.

Il campo elettrico dipende 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 viene fortemente influenzato dalla tipologia di materiale che incontra e viene schermato molto facilmente.

Il campo magnetico (in letterature scientifica indicato più propriamente come “*campo di induzione magnetica*”) dipende invece dall'intensità della corrente che transita lungo le linee e non risente in modo significativo della presenza di ostacoli presenti nell'ambiente circostante, non è quindi possibile schermarlo. Inoltre l'intensità della corrente è fluttuante nel tempo perché rispecchia la richiesta di energia degli utilizzatori asserviti dall'elettrodotto in questione, quindi anche i livelli di campo magnetico emessi rispecchiano l'andamento temporale della corrente.

Entrambi i campi sono funzione della distanza dai conduttori della linea, cioè la loro intensità diminuisce allontanandosi da essa.

I due campi generati, elettrico e magnetico, devono quindi essere misurati ed interpretati separatamente, e non è possibile risalire dalla misura o valutazione di uno al valore dell'altro.

Ai fini della valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi alla frequenza di 50 Hz generati dal passaggio della corrente elettrica, la grandezza fisica che viene presa in considerazione è il campo magnetico (*induzione magnetica*), in quanto il campo elettrico viene facilmente schermato dalla struttura muraria degli edifici.

## Strumentazione e tipologia di misure

La strumentazione utilizzata per l'effettuazione delle misure di campo elettrico e magnetico è la seguente:

*Misuratore di campo elettrico e magnetico ENERTECH Consultants. mod. EMDEX II*

*Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz*

*Intervallo misura: Campo elettrico 10 – 15 000 V/m ; Induzione magnetica 0,01 – 300  $\mu$ T*

*Indeterminazione associata alla singola misura:  $\pm 1$  %.*

*Sistema LINDA accessorio per l'acquisizione automatica delle misure di campo magnetico in funzione della distanza - da accoppiare al misuratore EMDEX II*

*Indeterminazione associata alla singola misura:  $\pm 2$  %.*

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

*Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz*

*Intervallo misura: Induzione magnetica 0,01 – 70  $\mu$ T*

*Indeterminazione associata alla singola misura:  $\pm 2$  %.*

Le misure di campo elettrico sono state eseguite con il misuratore *mod. EMDEX II* lungo una sezione perpendicolare alle linee (Sezione 1) annotando il valore di campo fino ad una distanza dal centro dell'elettrodotto di 130 metri da una parte (la conformazione del territorio e le infrastrutture presenti lo consentivano) e di 40 metri dall'altra (presenza della ferrovia e alberi).

Le misure di campo magnetico sono state eseguite con entrambi i misuratori.

In particolare è stato utilizzato il misuratore *mod. EMDEX II*, dotato del sistema *LINDA* che permette la rilevazione e memorizzazione dei valori di campo ogni 25 cm, per effettuare due sezioni perpendicolari alle linee in due siti differenti (Sezione 1 e 2), la prima corrispondente con la sezione per il campo elettrico, nonché per eseguite rilevazioni lungo i perimetri di diverse abitazioni poste in prossimità dell'elettrodotto.

Sono state effettuate inoltre rilevazioni puntuali all'interno di diverse abitazioni, monitorando tutte le stanze presenti, con misure ai vertici e al centro dei locali ad una altezza di misura di 1,5 metri, nonché rilevando il valore di campo presente all'altezza dei cuscini dei letti.

In alcune abitazioni si è proceduto inoltre ad effettuare rilievi in continuo dell'induzione magnetica su un arco di 24 ore, mediante misuratore *mod. EMDEX LITE*, con acquisizione dati ad intervalli di 4 secondi. In tal modo è stato possibile analizzare le variazioni dell'induzione magnetica al variare della corrente trasportata dalle linee elettriche su un arco di tempo prolungato (l'intera giornata).

### Risultati ottenuti dalle misure

I risultati delle misure eseguite sono riportati in schede descrittive dei punti di misura, contenenti i valori di campo magnetico rilevati in tutti gli interventi effettuati. Le schede contengono inoltre un riquadro (di sfondo azzurro) nel quale vengono indicati i valori medi di corrente transitante in entrambe le linee (n° 210 e 215), rispettivamente all'atto delle misure e nel corso di un anno (dal 31/5/01 al 31/5/02).

Le misure di campo elettrico, come descritto in precedenza, sono state eseguite esclusivamente nella Sezione 1, riportata nella scheda n. 1.

Il prospetto seguente riassume in modo sintetico gli interventi eseguiti, ad ognuno dei quali corrisponde la scheda risultati riportata in prima colonna:

SCHEDA (numero)	LOCALITA' INTERVENTO	DATA INTERVENTO	ABITAZIONI MONITORATE (N° civico)	GRANDEZZA FISICA MISURATA	TIPOLOGIA DI MISURA
1	Fabrique	26/04/02 29/05/02		Campo magnetico Campo elettrico	Puntuale : sez. perpendicolare all'elettrodotto
2	Fabrique	26/04/02	29,31,33,41,43	Campo magnetico	Puntuale : perimetro abitazioni
3	Fabrique	26/04/02	2,4,10,24	Campo magnetico	Puntuale : perimetro abitazioni
4	Le Sale	30/04/02		Campo magnetico	Puntuale : sez. perpendicolare all'elettrodotto
5	Le Sale	30/04/02	22,32,65,67,casa "B"	Campo magnetico	Puntuale : perimetro abitazioni
6	Fabrique	02/05/02 03/05/02	24	Campo magnetico	Puntuale e in continuo nelle 24 ore: interno casa
7	Fabrique	02/05/02 03/05/02	29	Campo magnetico	Puntuale e in continuo nelle 24 ore: interno casa
8	Fabrique	15/05/02	41	Campo magnetico	Puntuale: interno casa
9	Fabrique	16/05/02	43	Campo magnetico	Puntuale: interno casa

## Calcoli teorici

Il campo magnetico è direttamente proporzionale alla corrente che circola in linea, e quindi variabile nel corso della giornata e tra una giornata e l'altra. Al fine di valutare l'esposizione della popolazione al campo magnetico è necessario quindi considerare non solo i valori di campo relativi all'istante della misurazione ma anche poter disporre di dati su lunga scala (annua).

Si è proceduto pertanto a:

- 1) Acquisire i valori della portata di corrente delle linee dal Gestore della Rete GRTN (ex ENEL), relativi ai giorni dei rilievi e all'andamento sul lungo periodo (dal 31/05/01 al 31/05/02);
- 2) Inserire tali dati in apposito modello di calcolo, calcolando i valori teorici di campo magnetico;
- 3) Verificare la consistenza del modello, confrontando i valori calcolati con i valori misurati in campo;
- 4) Calcolare i valori medi di esposizione con il modello di calcolo e riportare i valori misurati in funzione dei valori di corrente media transitante nell'elettrodotto nel lungo periodo.

Il confronto tra i valori misurati e i valori teorici ricavati dal modello ha fornito una buona comparazione dei dati, sulla base della quale sono stati calcolati (come da punto 4) i valori medi (*riferiti all'andamento medio annuo di corrente*) dei livelli di campo magnetico presenti nelle abitazioni comprese nelle fasce di 100 metri ciascuna dall'asse dell'elettrodotto.

Nelle pagine successive vengono riportati, a esemplificazione di quanto sopra descritto, alcuni grafici raffiguranti in particolare le misure eseguite nella "sezione 2" (*grafico n.1 – vedi anche scheda n. 4*) e il corrispondente grafico della stima dei valori di campo ottenuta dal modello di calcolo (*grafico n. 2*), e i due grafici relativi alla simulazione del campo magnetico da modello di calcolo relativi alle sezioni perpendicolari, ottenuti dal valore medio annuo di corrente transitante nelle due linee (*grafico 3 e 4*).

Il **valore efficace totale** è dato in tutti i casi dalla somma (*somma in quadratura*) della componente orizzontale perpendicolare alle linee (**comp. orizzontale**) e dalla componente verticale (**comp. verticale**). La componente orizzontale parallela alle linee è nulla o di valore trascurabile.

(NOTA: Nelle schede misure, allegate alla presente relazione, l'indicazione delle 3 componenti è relativa agli assi interni dello strumento, che date le svariate condizioni di misurazione affrontate, non sono in stretta correlazione con l'asse delle linee, per tanto risultano non necessariamente corrispondenti a quelle sopra citate, e vengono indicate con l'indicazione di componenti rispettivamente X,Y,Z. Il valore efficace totale comunque è dato dalla somma in quadratura delle medesime).

Grafico 1: Misura in loco campo magnetico – Sezione 2

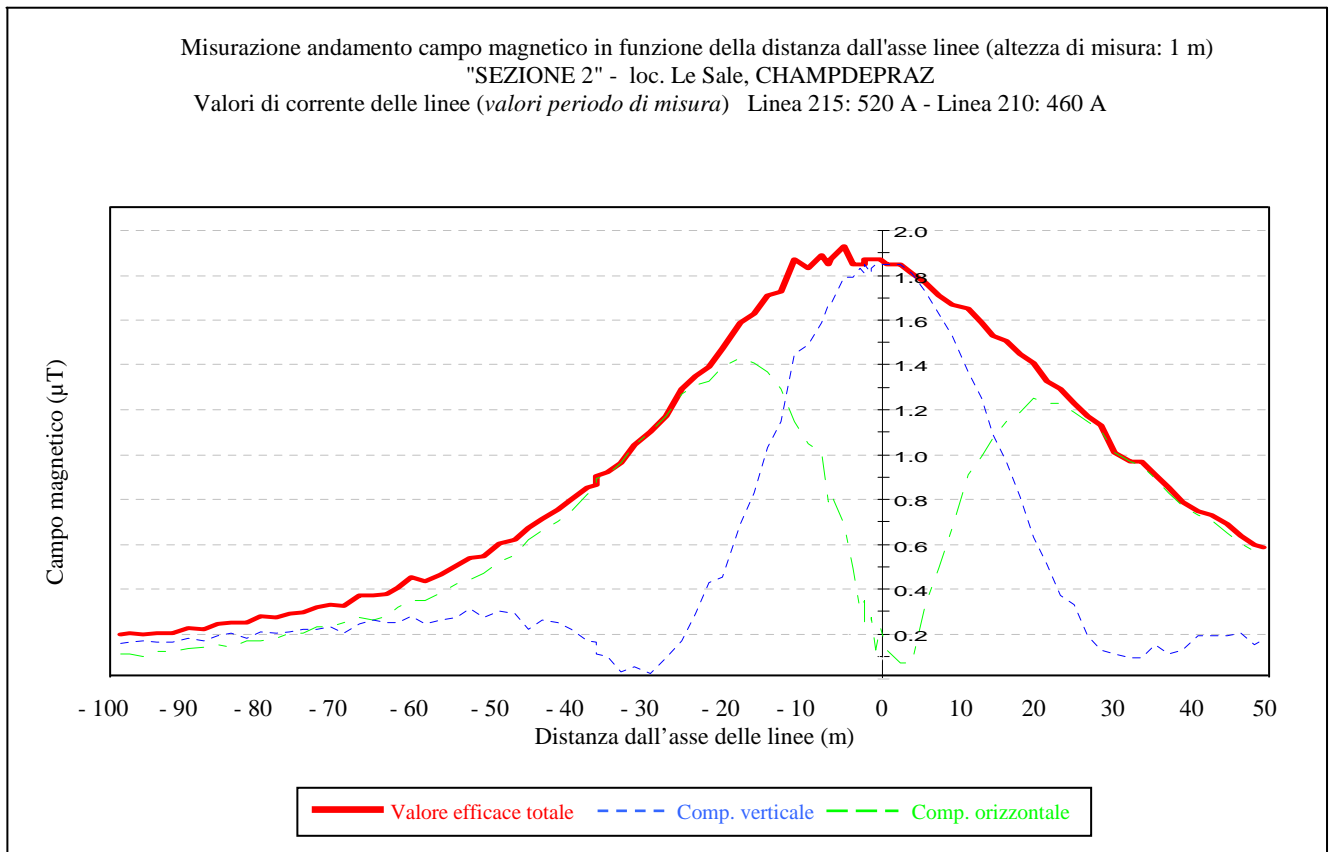


Grafico 2: Simulazione campo magnetico periodo di misura – Sezione 2

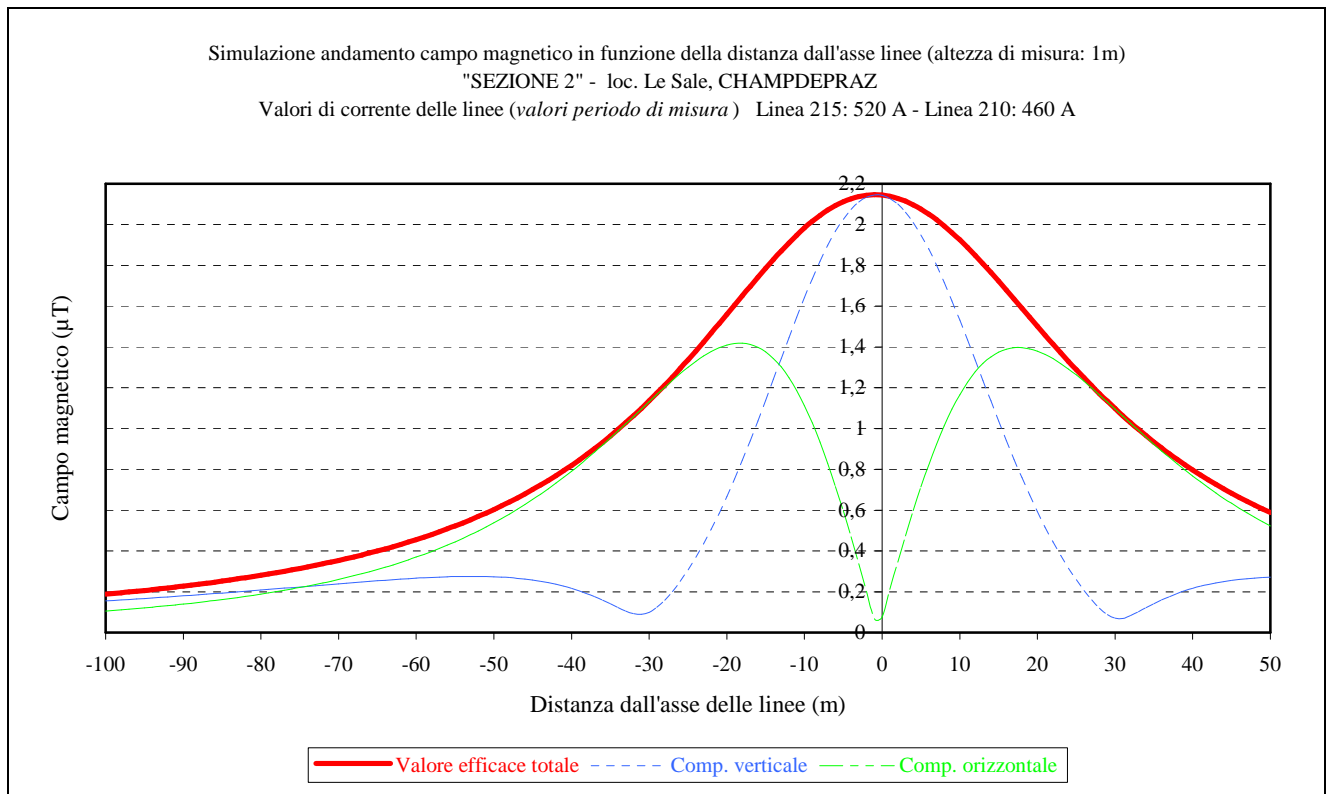


Grafico 3: Simulazione campo magnetico medio annuo – Sezione 1

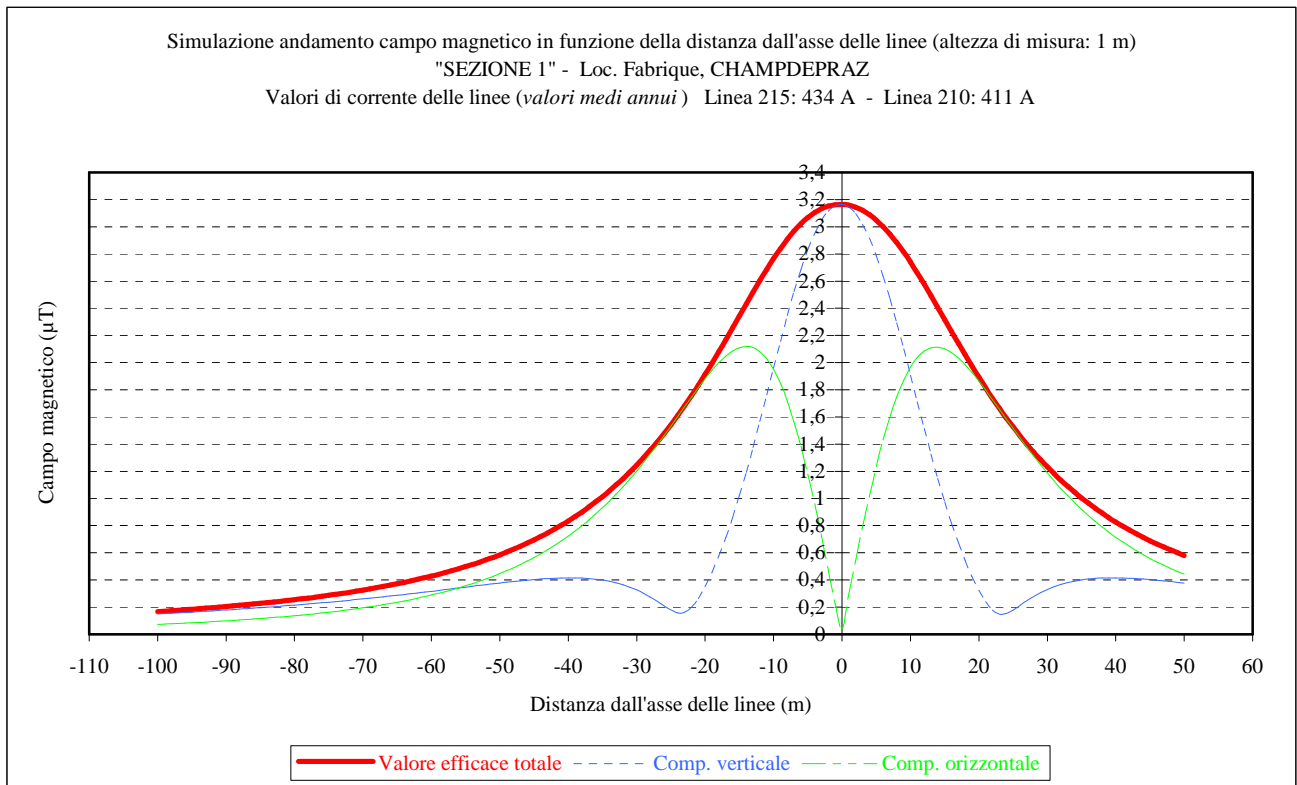
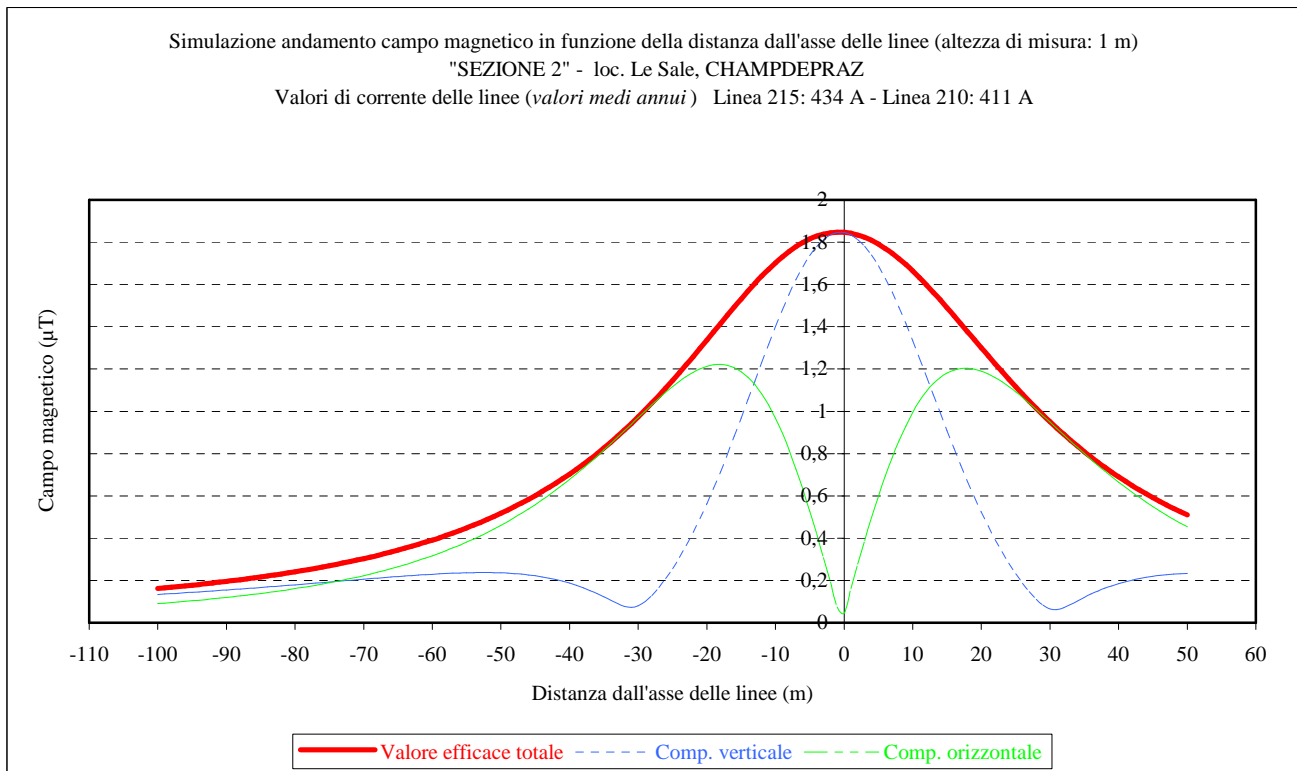


Grafico 4: Simulazione campo magnetico medio annuo – Sezione 2





## Stima dell'esposizione della popolazione

Sulla base delle misure eseguite, tenuto conto delle valutazioni teoriche effettuate con il modello di calcolo, si è proceduto alla stima dell'esposizione della popolazione al campo magnetico generato dall'elettrodotto in questione. Detta valutazione, si ribadisce, è stata eseguita prendendo a riferimento il periodo lungo, rapportando quindi i livelli di campo misurati e quelli calcolati sempre al dato di corrente media transitante nelle due linee nell'arco di un anno.

Dai dati fornitici relativi al numero di abitanti residenti in ognuna delle abitazioni situate nelle fasce intorno all'elettrodotto e alla popolazione complessiva residente nel territorio comunale, sono stati individuati:

- 1) il numero di residenti esposti a campo magnetico generato dall'elettrodotto per classi di esposizione (*vedi grafico 5, pag. 11*);
- 2) la percentuale di residenti esposti a campo magnetico generato dall'elettrodotto per classi di esposizione rispetto al totale degli abitanti di Champdepraz (*vedi grafico 6, pag. 11*).

Complessivamente gli abitanti del Comune di Champdepraz esposti al campo magnetico alla frequenza di 50 Hz prodotto dall'elettrodotto risultano essere 72 (11.2 %), su un totale di 643 residenti (*n.d.r.: fonte comunale, dato al 19/08/02*).

Nella pagina successiva si riporta la cartografia in scala 1:5000 relativa alle abitazioni, comprese nelle fasce di 100 metri a destra e sinistra dall'asse delle linee, per le quali è stata effettuata la stima dei livelli di campo magnetico, evidenziandole con colorazioni differenti a seconda delle classi di esposizione ( $\mu\text{T}$ ) in cui sono state suddivise.

Comune di Champdepraz – Indicazione abitazioni riferite a classi di esposizione ( $\mu\text{T}$ ).

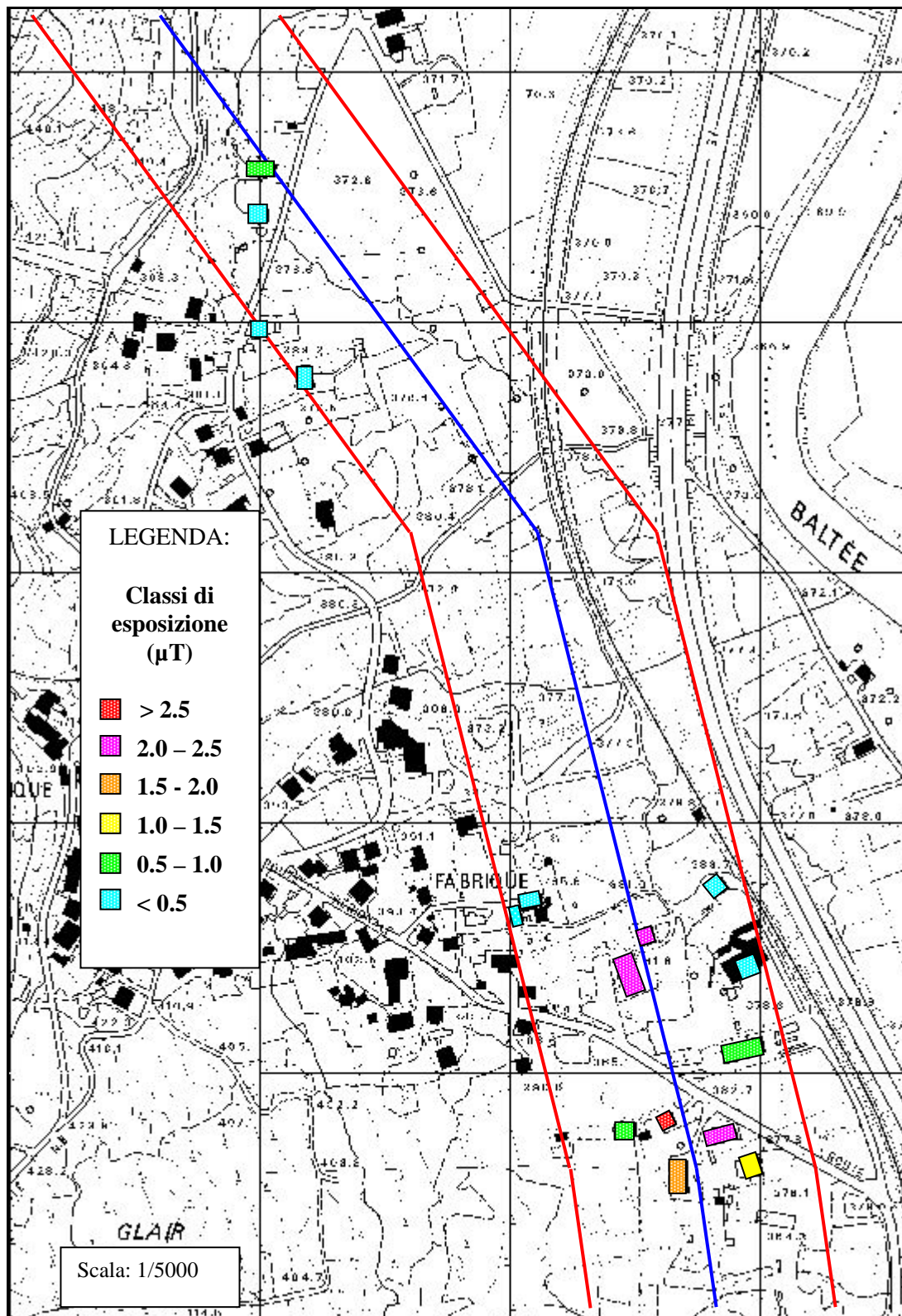


Grafico 5 : Distribuzione residenti esposti a campo magnetico.

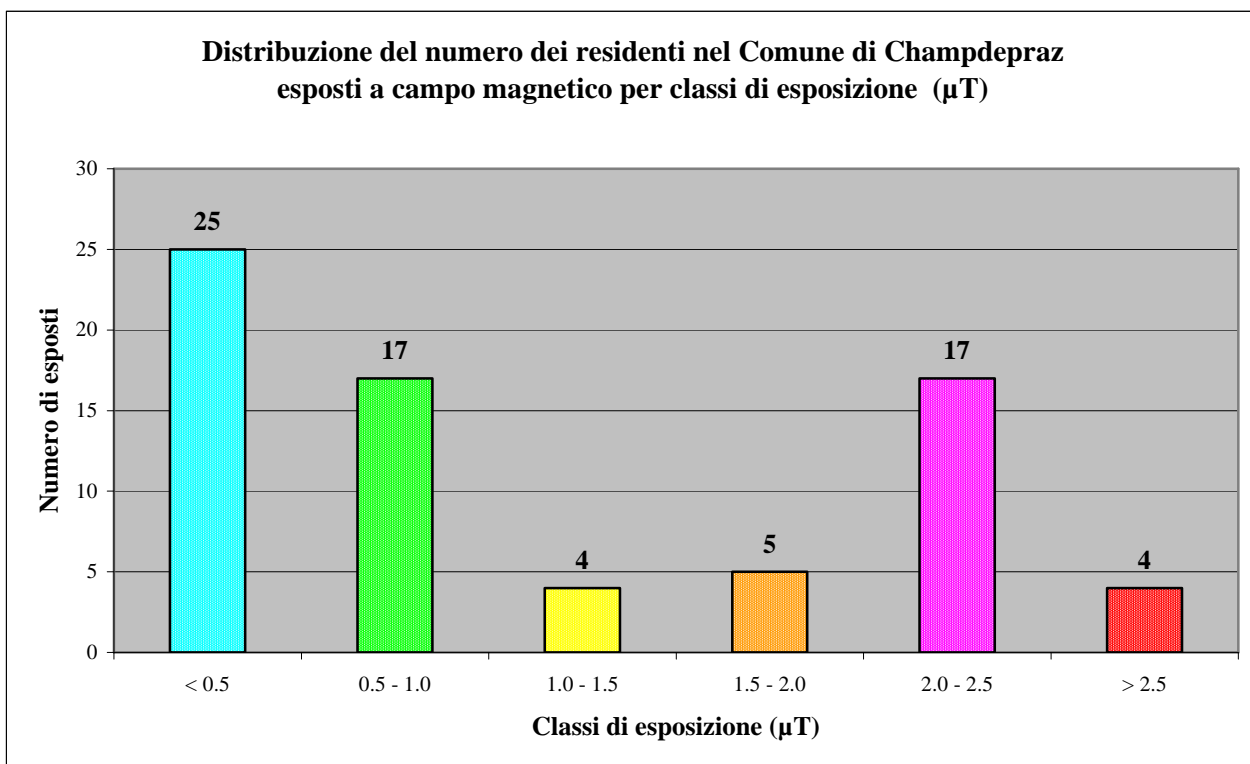
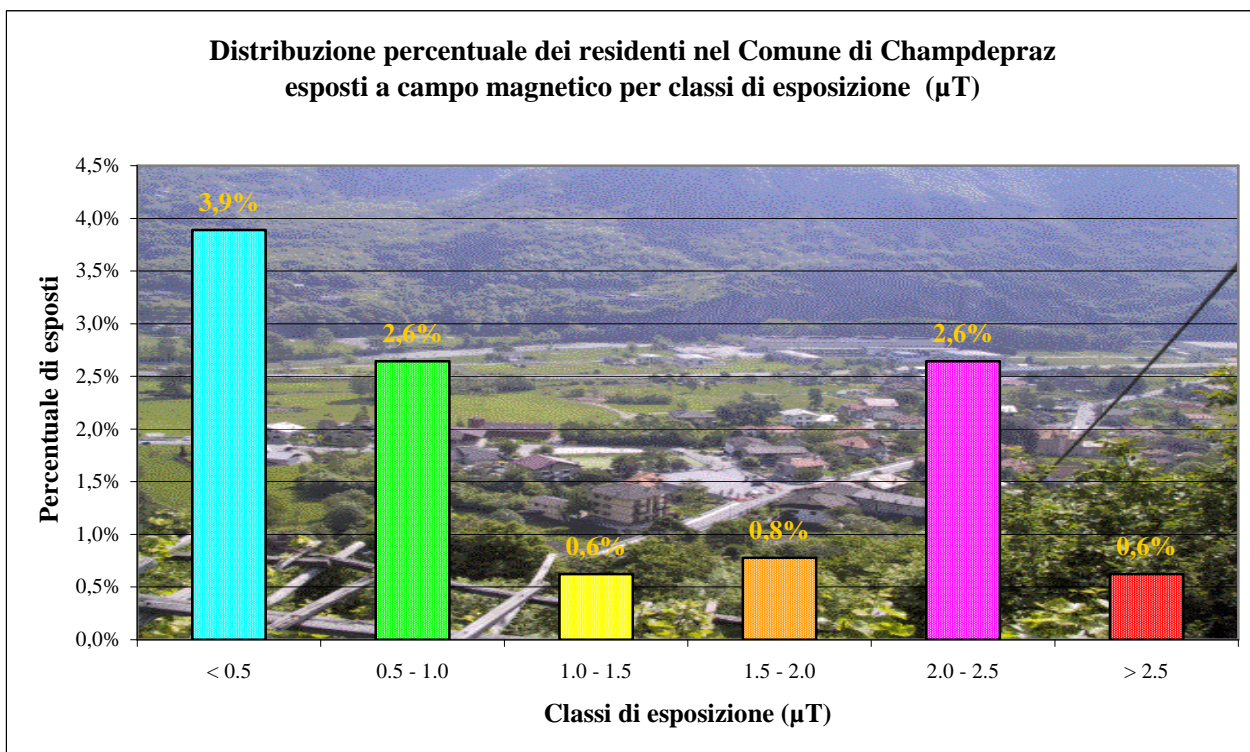


Grafico 6 : Distribuzione percentuale residenti esposti a campo magnetico.



## Conclusioni

Le misure e le stime teoriche effettuate, in reciproco accordo, indicano che nel territorio di Champdepraz l' 11.2 % della popolazione è esposto a livelli di campo magnetico alla frequenza di 50 Hz che risentono in modo significativo della presenza nello spazio circostante di elettrodotti ad alta tensione (linea 210 e linea 215). L'impatto complessivo è superiore a quello riscontrato in altri comuni della Valle d'Aosta oggetto da parte di questa Agenzia di una indagine dello stesso genere.

Per la valutazione dei livelli di esposizione rilevati, anche in relazione ad eventuali azioni di risanamento, si fanno le seguenti osservazioni.

Considerando la legislazione attualmente in vigore (vedi paragrafo **Normativa vigente**, *DPCM 24/3/92*) i valori riscontrati risultano ampiamente al di sotto dei limiti previsti (*art. 4, limiti di esposizione per la popolazione: 100  $\mu T$  per l'intensità di induzione magnetica*), mentre per quanto riguarda le distanze di rispetto (*art. 5, distanze di rispetto dagli elettrodotti : per le linee a 220 kV  $\geq$  18 metri*) queste andrebbero attentamente verificate per alcune delle abitazioni più prossime alle linee elettriche.

Il livello limite di esposizione al campo magnetico previsto dal DPCM 24/3/92 previene dall'insorgenza di effetti acuti. Per quanto riguarda la prevenzione da possibili effetti dovuti a esposizione continuativa a livelli di campo anche molto inferiori rispetto a quelli in grado di produrre effetti acuti, i valori di riferimento dovranno essere stabiliti da un apposito Decreto applicativo della Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (*Legge 22 febbraio 2001, n. 36*). Per le valutazioni di eventuali superamenti dei valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione a campi alla frequenza di 50 Hz, è necessario attendere l'emanazione di detto decreto, attualmente in discussione.

Sarà cura di questa Agenzia segnalare tempestivamente all'amministrazione comunale l'avvenuta emanazione di tale decreto, i valori di riferimento in esso contenuti e le eventuali situazioni di superamento con riferimento ai livelli di campo riscontrati nel corso della presente campagna.

Aosta, 6 settembre 2002

Il tecnico ambientale  
Claudio Operti

Il tecnico ambientale  
Corrado Zappa

Il Responsabile Sezione Radiazioni-Rumore  
Dott. Giovanni Agnesod

Fig. X – Comune di Champdepraz, loc. Fabrique “casa A”, rilievi di campo magnetico in abitazione (foto x)

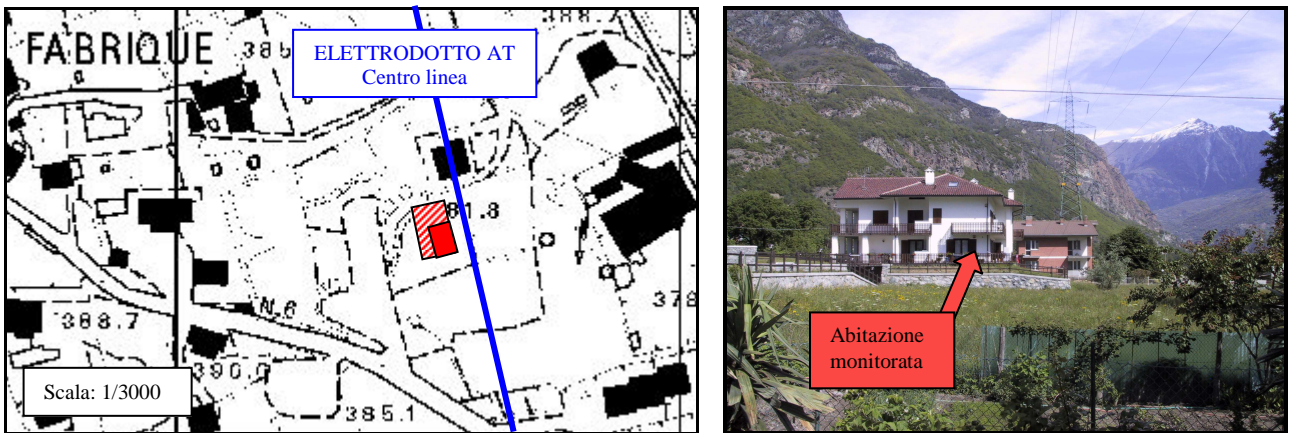


Fig. X: *Misure di campo magnetico in abitazione (micro Tesla) 2/5/02 ore 10:30 – altezza di misura : 1,5 m*

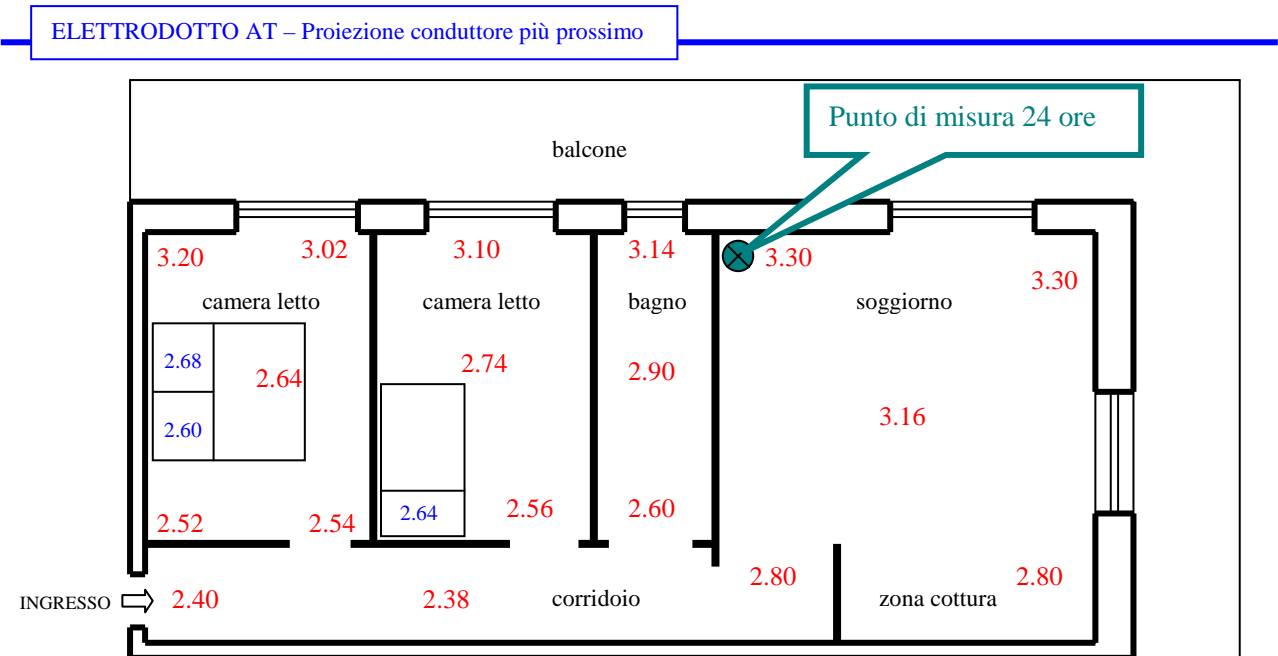


Grafico X : *Monitoraggio nelle 24 ore (2 e 3/5/02) - altezza di misura: 1,5 m*

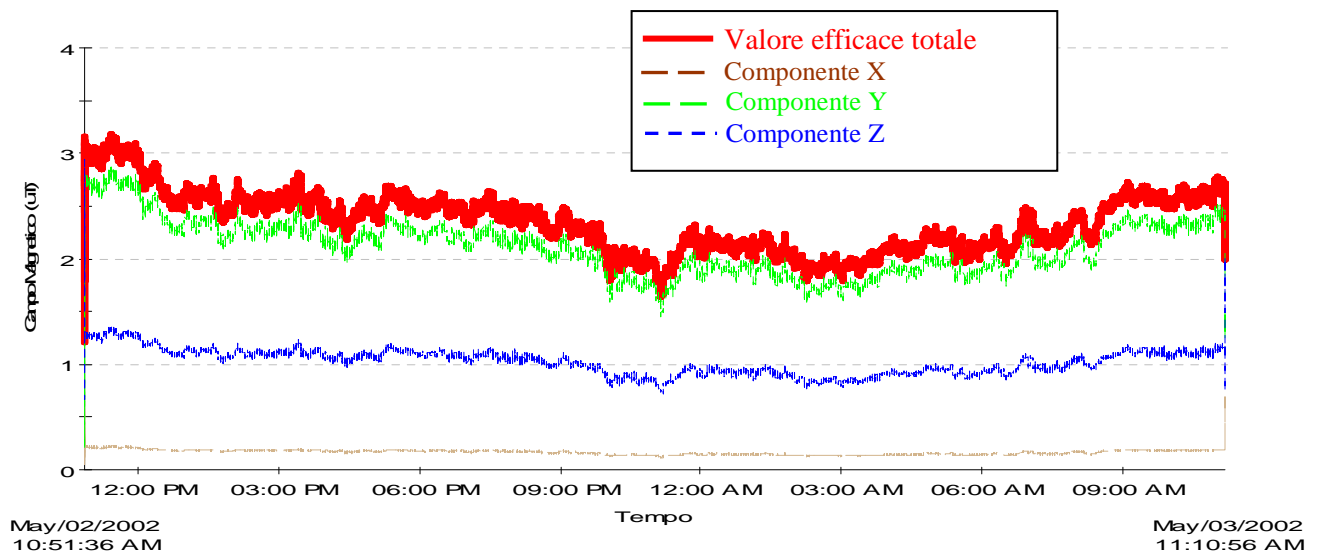


Fig. X – Comune di Champdepraz, loc. Fabrique n° 41, rilievi di campo magnetico in abitazione (foto x)

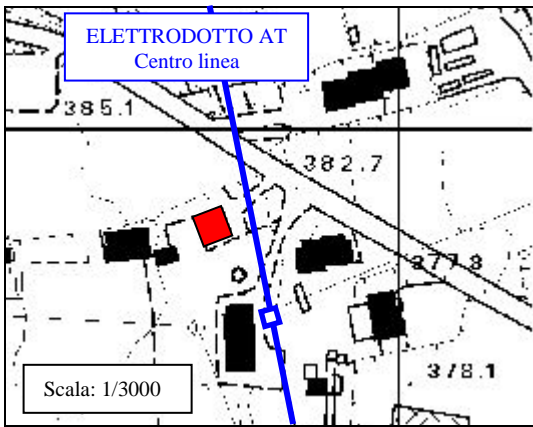
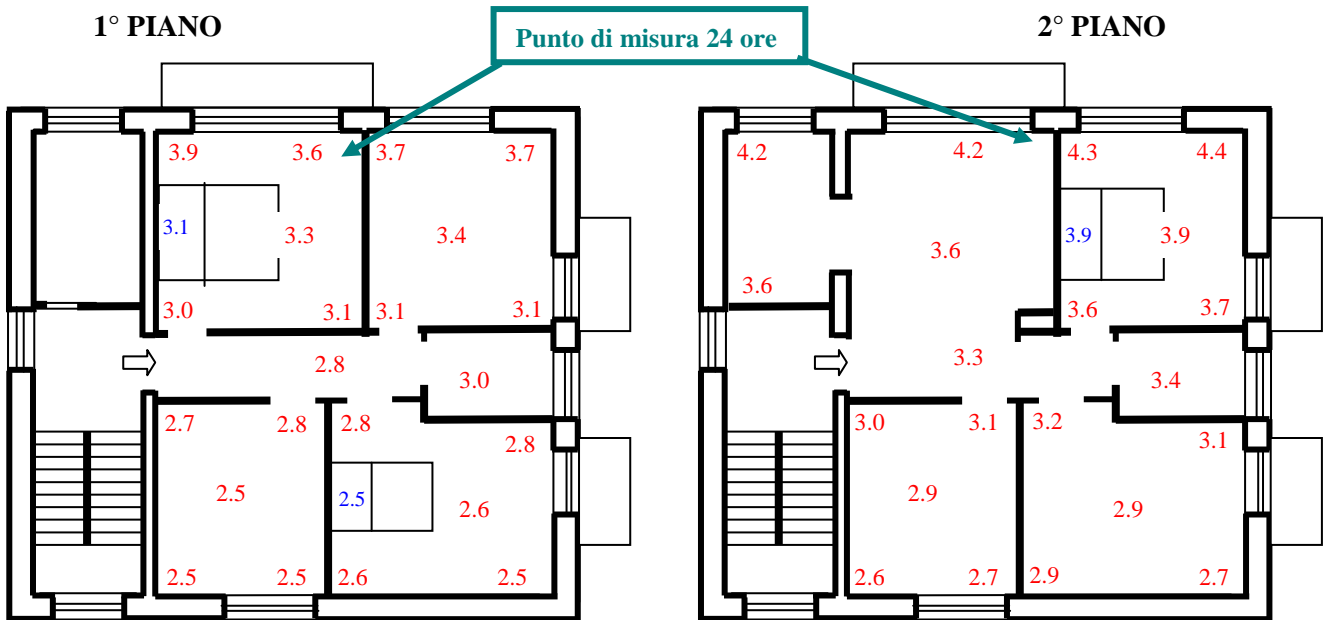


Fig. X: Misure di campo magnetico in abitazione (micro Tesla) 15/5/02 ore 10:30 – altezza di misura : 1,5 m



Grafici X : Monitoraggio nelle 24 ore (15 e 16/5/02) - altezza di misura: 1,5 m

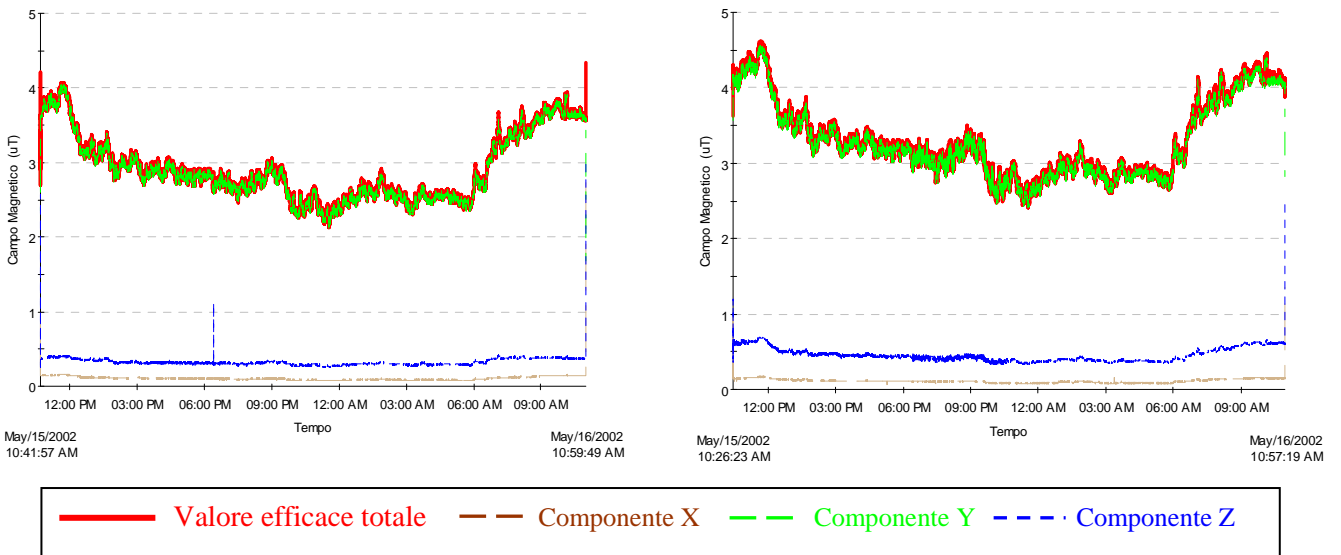
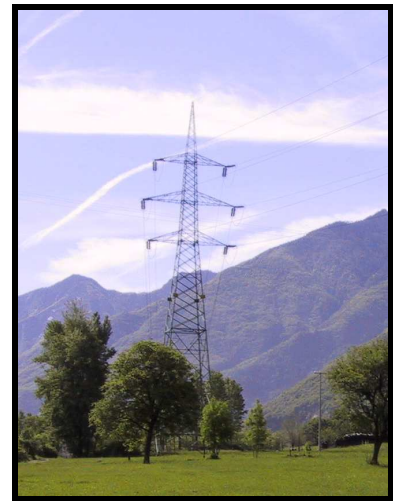
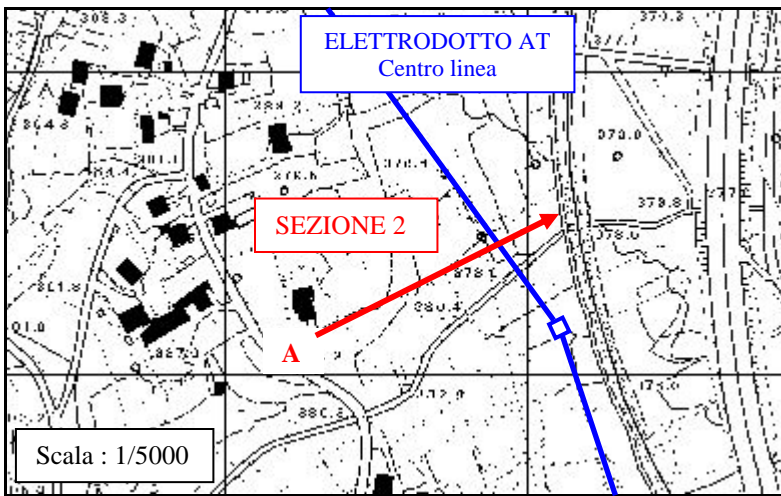


Figura n. X - Comune di Champdepraz – località La Sale



**SEZIONE PERPENDICOLARE ALLE LINEE AT : T210 – T215**

*Grafico X : Misure di campo magnetico (30/4/02 ore 11:00) - altezza di misura: 1 m*

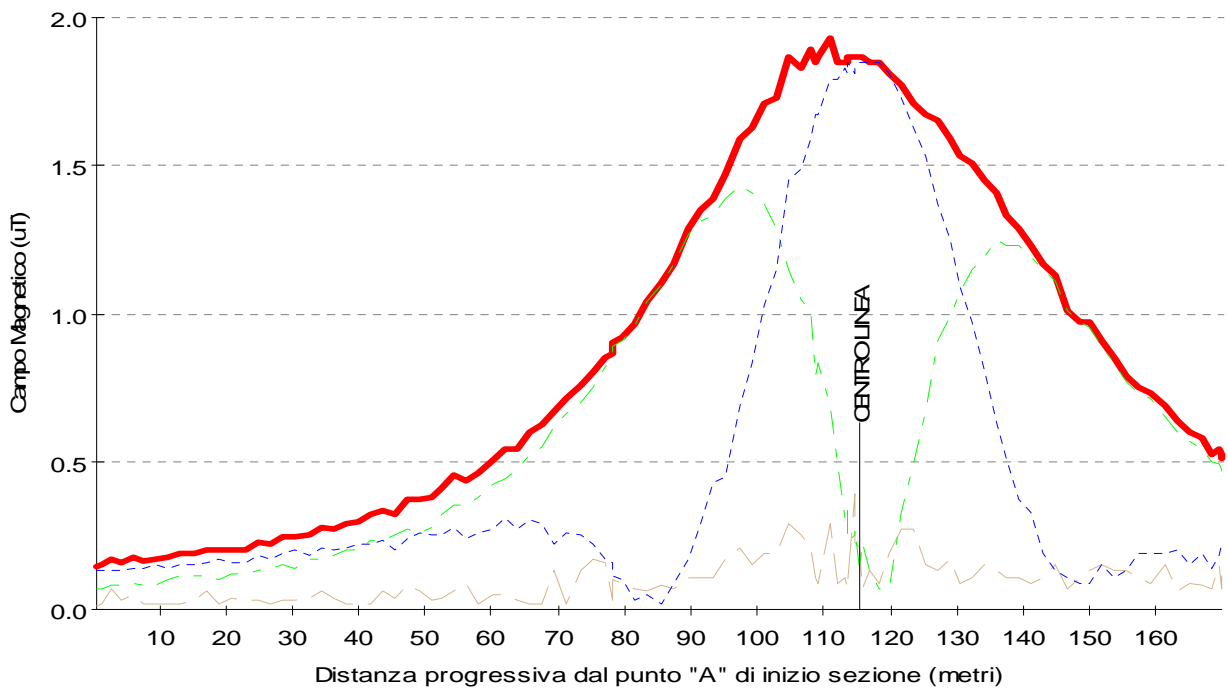
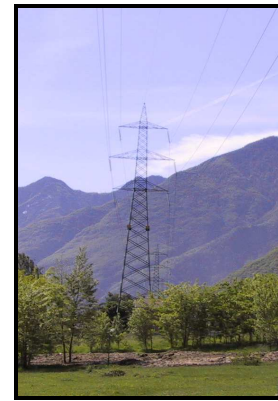
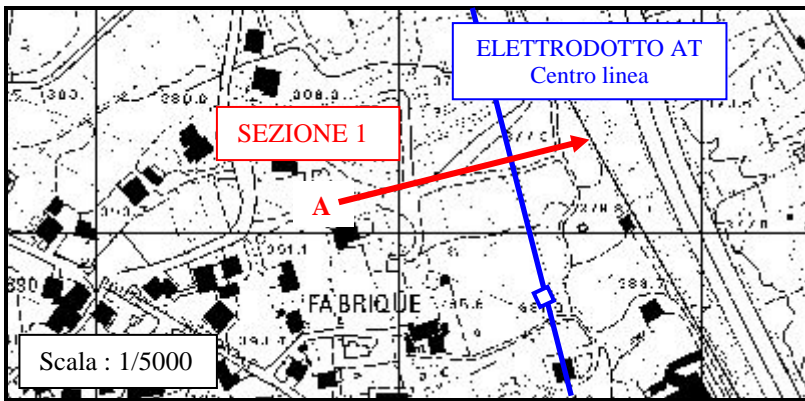
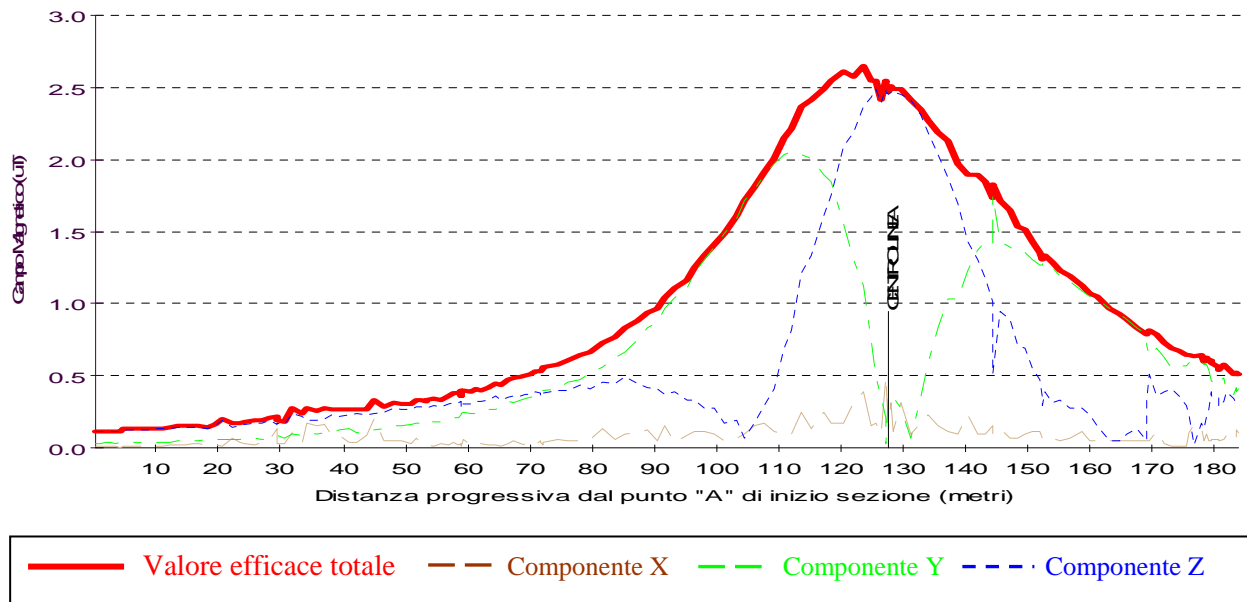


Figura n. X - Comune di Champdepraz – località Fabrique



**SEZIONE PERPENDICOLARE ALLE LINEE AT : T210 – T215**

*Grafico X : Misure di campo magnetico (26/4/02 ore 11:00) - altezza di misura: 1 m*



*Grafico X : Misure di campo elettrico (29/5/02 ore 11:00) – altezza di misura 1,5 m*

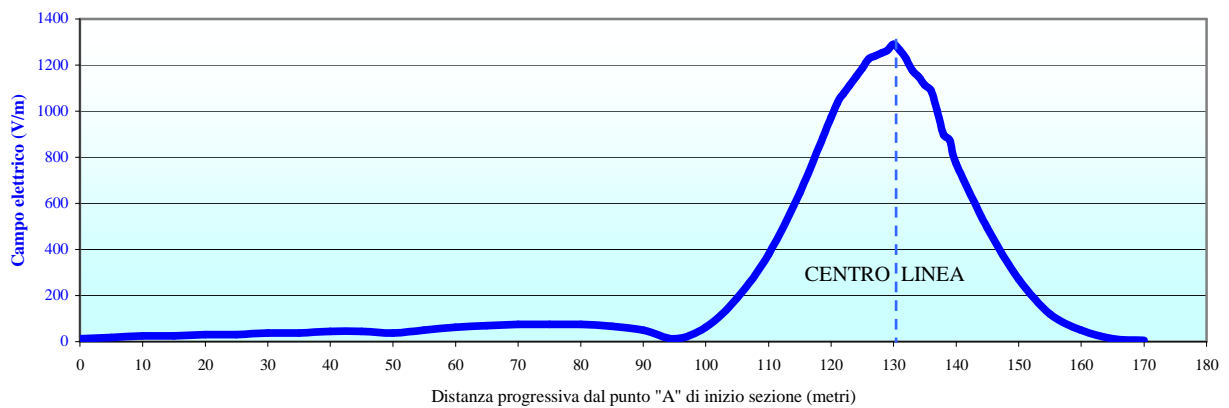
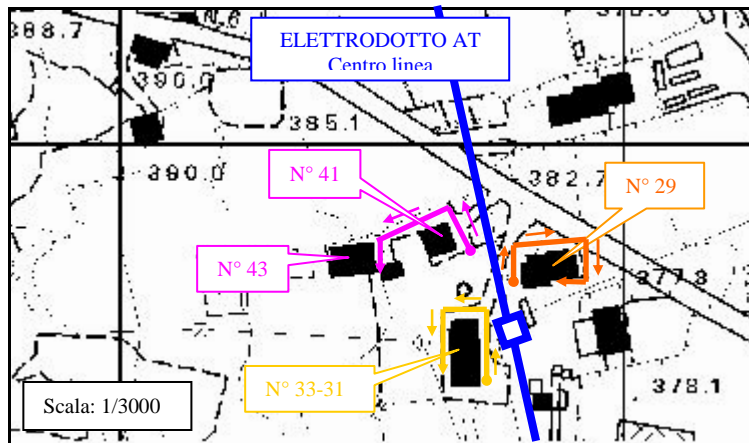




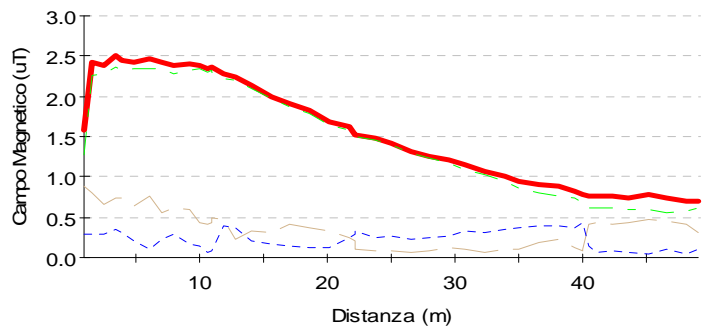
Figura n. X - Comune di Champdepraz – località Fabrique - misure del 26/04/02



Graf. X: Misure di campo magnetico in prossimità di abitazioni (26/4/02 ore 11:30) - altezza di misura: 1 m

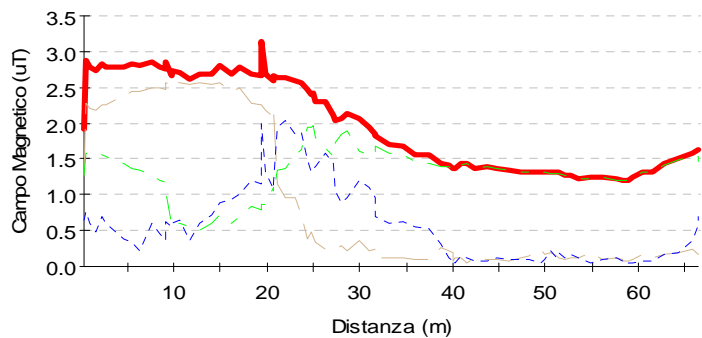
- Valori rilevati nel perimetro degli edifici n° civici 41,43

Valore minimo : **0.69  $\mu$ T**  
 Valore massimo: **2.51  $\mu$ T**  
 Valore medio : **1.56  $\mu$ T**



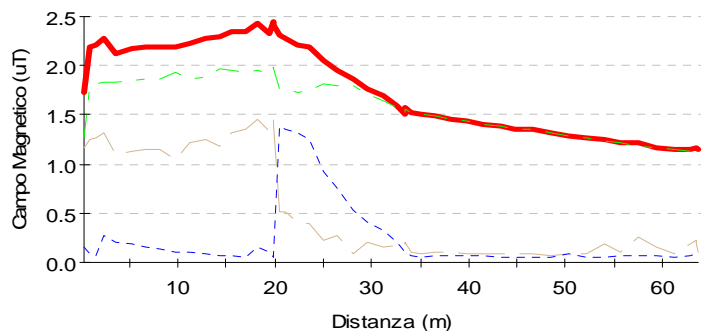
- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio n° civico 29

Valore minimo : **1.19  $\mu$ T**  
 Valore massimo: **3.13  $\mu$ T**  
 Valore medio : **2.01  $\mu$ T**



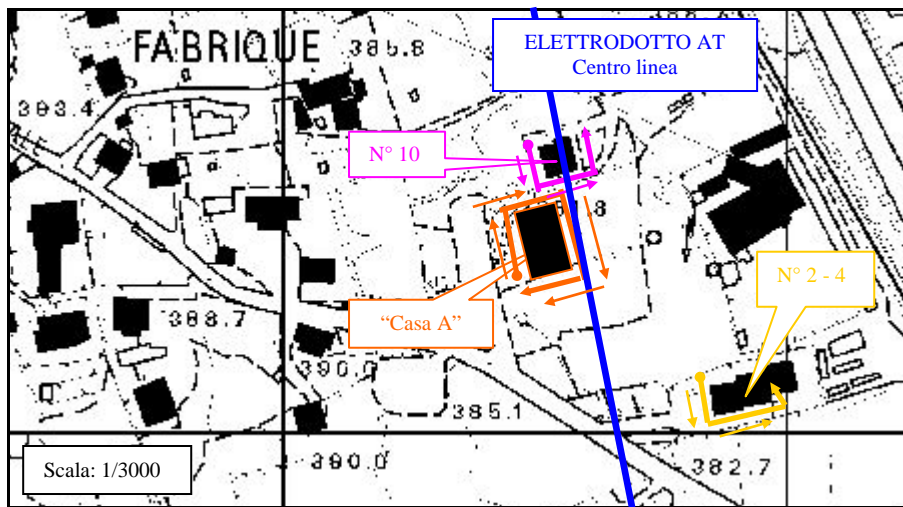
- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio n° civici 31,33

Valore minimo : **1.15  $\mu$ T**  
 Valore massimo: **2.45  $\mu$ T**  
 Valore medio : **1.78  $\mu$ T**



— Valore efficace totale    - - - Componente X    - - - Componente Y    - - - Componente Z

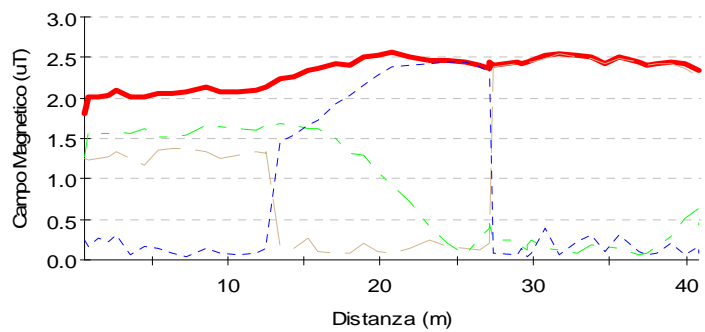
Figura n. X - Comune di Champdepraz – località Fabrique - misure del 26/04/02



Graf. X: Misure di campo magnetico in prossimità di abitazioni (26/4/02 ore 12:00) - altezza di misura: 1 m

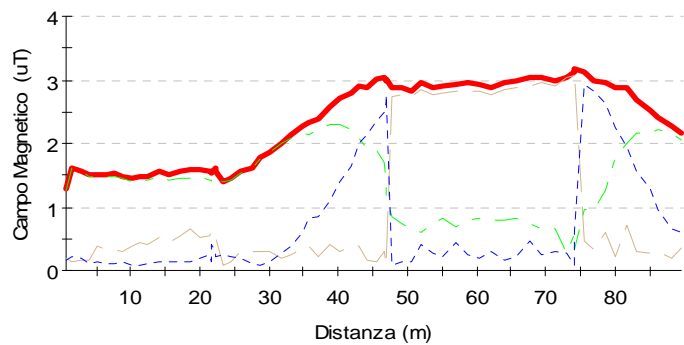
- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio n° civico 10

Valore minimo : 1.80  $\mu\text{T}$   
 Valore massimo: 2.57  $\mu\text{T}$   
 Valore medio : 2.32  $\mu\text{T}$



- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio "casa A"

Valore minimo : 1.29  $\mu\text{T}$   
 Valore massimo: 3.17  $\mu\text{T}$   
 Valore medio : 2.30  $\mu\text{T}$



- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio n° civici 2 - 4

Valore minimo : 0.54  $\mu\text{T}$   
 Valore massimo: 1.23  $\mu\text{T}$   
 Valore medio : 0.99  $\mu\text{T}$

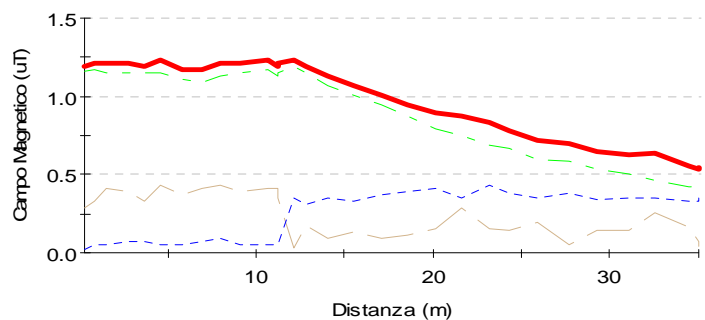
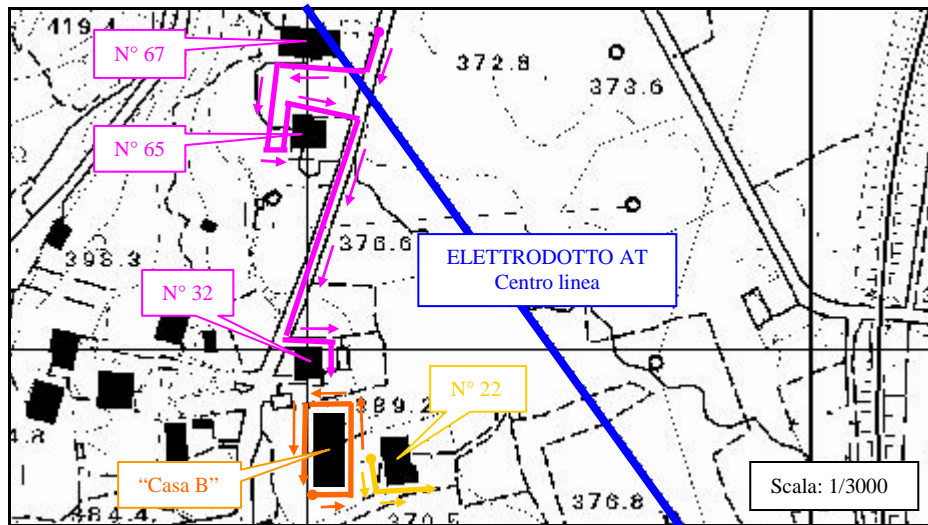


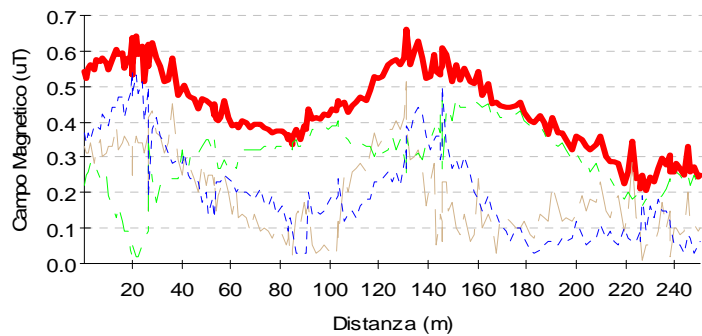
Figura n. X - Comune di Champdepraz – località La Sale - misure del 30/04/02



Graf. X: *Misure di campo magnetico in prossimità di abitazioni (30/4/02 ore 11:30) - altezza di misura: 1 m*

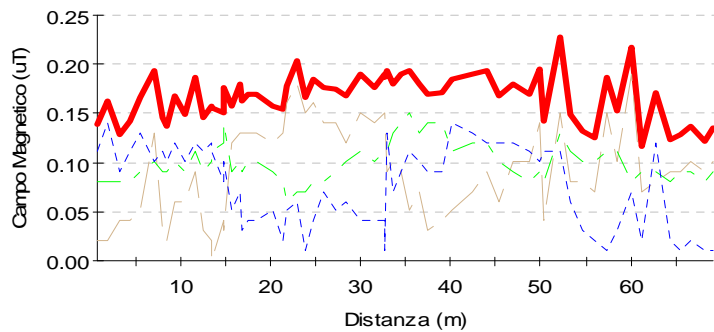
- Valori rilevati nel perimetro degli edifici n° civici 67, 65,32

Valore minimo :  $0.21 \mu\text{T}$   
 Valore massimo:  $0.66 \mu\text{T}$   
 Valore medio :  $0.44 \mu\text{T}$



- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio "casa B"

Valore minimo :  $0.12 \mu\text{T}$   
 Valore massimo:  $0.23 \mu\text{T}$   
 Valore medio :  $0.17 \mu\text{T}$



- Valori rilevati nel perimetro dell'edificio n° civico 22

Valore minimo :  $0.21 \mu\text{T}$   
 Valore massimo:  $0.30 \mu\text{T}$   
 Valore medio :  $0.26 \mu\text{T}$

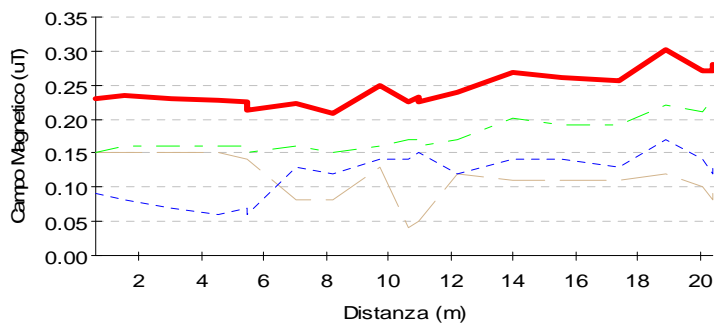


Fig. X – Comune di Champdepraz, loc. Fabrique n° 29, rilievi di campo magnetico in abitazione (foto x)

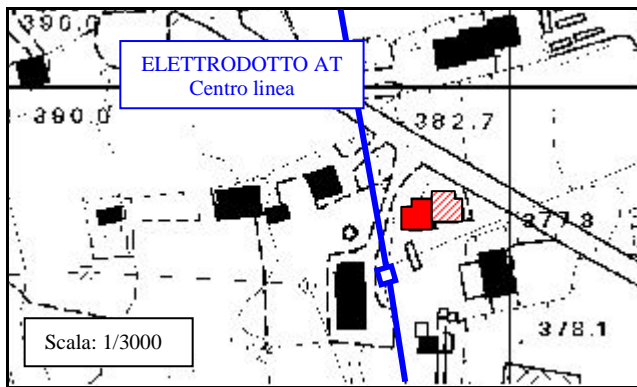


Fig. X: Misure di campo magnetico in abitazione (micro Tesla) 2/5/02 ore 11:00 – altezza di misura : 1,5 m

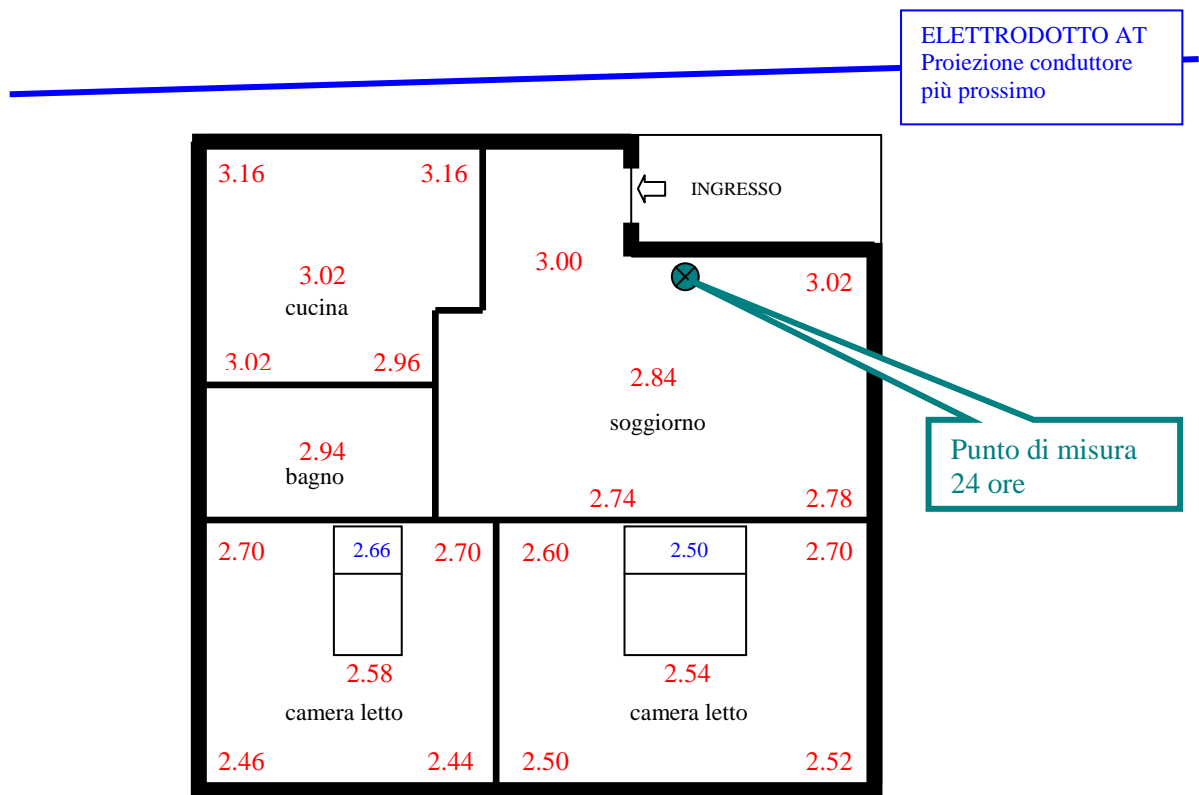


Grafico X : Monitoraggio nelle 24 ore (2 e 3/5/02) - altezza di misura: 1,5 m

