



**ANPA**

**Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**

**STANDARD PER LA REALIZZAZIONE DELLE  
BANCHE DATI DELLE SORGENTI DI  
INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO  
(ALTE E BASSE FREQUENZE)**

**RTI CTN\_AGF 4/2001**



**ANPA**  
**Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**  
*Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi*

**Standard per la realizzazione delle banche dati delle sorgenti  
di inquinamento elettromagnetico  
(alte e basse frequenze)**

**Autori**

G. D'Amore (Arpa Piemonte), L. Anglesio (Arpa Piemonte), S. Adda (Arpa Piemonte), A. Bonino (Arpa Piemonte)  
G. Licitra (ARPA Toscana), F. Francia (ARPA Toscana)

**Revisione**

T. Fabozzi (ANPA), G. Fusato (ARPA Veneto), T. Gabrieli (ARPA Veneto)

Responsabile di progetto ANPA  
Maria Belli, Salvatore Curcuruto



Responsabile CTN\_AGF  
Pierluigi Mozzo

## **Informazioni legali**

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Informazioni aggiuntive sull'argomento sono disponibili nel sito Internet (<http://www.sinanet.anpa.it>)

Il presente documento, in quanto rapporto tecnico interno relativo a strumenti operativi (linee guida / manuali), è destinato al sistema ANPA – ARPA – APPA al fine di consentire l'acquisizione di elementi utili a redigere il documento nella forma definitiva.

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Stampato in Italia

Stampato su carta ecologica

**Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**  
Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi  
Via Vitaliano Brancati, 48  
00144 Roma

**Centro Tematico Nazionale – Agenti Fisici**  
*c/o ARPA Veneto*  
P.le L. A. Scuro, 10  
37134 Verona

## INDICE

Premessa .....	1
 <i>Sviluppo di criteri per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (RF)</i>	
<b>1. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLE SORGENTI .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Analisi dei modelli revisionali .....</b>	<b>3</b>
<i>1.1.1 Programma sviluppato dall’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) del Piemonte .....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 Aldena Near Field Analyser .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3 Programma commerciale basato sul calcolo numerico tramite Metodo dei Momenti (EM Scientific Inc. MININEC Professional) .....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.4 Programma commerciale basato sul calcolo numerico tramite metodo alle Differenze Finite nel Dominio del Tempo (Rencom Inc. XFDTD) .....</i>	<i>5</i>
<b>2. PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. STRUTTURA DELLA BASE DATI PROPOSTA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Schema principale della base dati .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Dettaglio tabelle .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Utilizzo dell’archivio per l’analisi di una zona .....</b>	<b>9</b>
 <i>Standard per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (elettrodotti)</i>	
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>11</b>
<b>2. SORGENTI ELF .....</b>	<b>11</b>
<b>3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLE SORGENTI INDIVIDUATE .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Analisi dei modelli revisionali .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.1 Modello Dipartimento ARPA di Ivrea – LINATCTN .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.2 Modello dell’IROE – Campi (ver. 2.11) .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.3 Modello dell’IRST .....</b>	<b>14</b>
<b>4. PARAMETRI DI RIFERIMENTO PER LO STANDARD .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Anagrafica .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Tabella tratti .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Tabella campate .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4 Tabella sostegni .....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>18</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>19</b>

## **Premessa**

Il presente documento e' composto dai seguenti due prodotti sviluppati rispettivamente da Arpa Piemonte e Arpa Toscana nell'ambito delle attività del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici:

1. Sviluppo di criteri per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (RF);
2. Standard per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (elettrodotti).

*Sviluppo di criteri per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (RF)*

## **1. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLE SORGENTI**

La definizione dei parametri specifici delle sorgenti di campi elettromagnetici RF-MW si basa sull'analisi di vari modelli previsionali. E' infatti necessario avere a disposizione una serie di dati di input affinché tali modelli possano valutare l'impatto ambientale di una certa sorgente sul territorio circostante.

Si è anche voluto analizzare il problema della previsione in campo vicino, che richiede la conoscenza di molti parametri tecnici più specifici, e in alcuni casi difficili da ottenere dai Gestori.

### **1.1 Analisi dei modelli previsionali**

Si sono analizzati un programma per il calcolo del campo lontano (da sorgente puntiforme) [1], un programma che può essere utilizzato sulla base di quanto dichiarato sia per il campo lontano che per il campo vicino a sistemi di antenne fondamentali (ma che non tiene conto degli oggetti intorno alla sorgente) [2] e due programmi di calcolo numerico per la valutazione del campo vicino, anche in presenza di oggetti diffusori [3,4].

#### ***1.1.1 Programma sviluppato dall'ARPA Piemonte***

Il programma calcola il campo lontano prodotto da *sorgenti fondamentali* considerate come puntiformi (ad esempio, le celle delle SRB, o le singole antenne radiotelevisive). Tali unità possono comprendere anche più antenne, tutte orientate nella stessa direzione e alimentate con una certa potenza (ripartita tra le varie antenne), e sono caratterizzate da un diagramma di irradiazione risultante. Il programma calcola anche il campo risultante dalla sovrapposizione delle emissioni di più unità fondamentali in un'area definita come sito di interesse (unità appartenenti ad uno stesso impianto o ad impianti differenti).

I dati di input del programma sono quindi i dati tecnici di queste sorgenti fondamentali e le loro coordinate (utili anche per la successiva georeferenziazione):

- Guadagno (diagramma irradiazione);
- Direzione (rispetto al nord);
- Tilt elettrico;
- Tilt meccanico;
- Altezza del centro elettrico (rispetto al suolo);
- Potenza;
- Coordinate UTM.

L'archivio che si interfaccia con questo programma definisce, oltre alle unità fondamentali, il *sito*, inteso come area in cui sono riunite diverse unità fondamentali.

I dati necessari per definire un sito sono:

- Gestore;
- Comune – Indirizzo – Provincia;
- Quota s.l.m.;
- Coordinate UTM;

In questo modo, è possibile georeferenziare le sorgenti e visualizzare così l'impatto sul territorio e sulle abitazioni circostanti.

L'output di questo programma è costituito da mappe di isointensità di campo elettrico georeferenziate sia in formato grafico che ASCII.

### ***1.1.2 ALDENA Near Field Analyser***

Questo programma lavora su sistemi di antenne a 3 livelli: antenne elementari (qualsiasi antenna di cui si conoscano le caratteristiche tecniche), sistemi di antenne (composti da una o più antenne elementari), postazioni o siti (composti da uno o più sistemi di antenne). Le antenne elementari sono le sorgenti considerate come puntiformi per il calcolo del campo lontano, e i dati di input necessari per definirle sono sostanzialmente gli stessi citati per il programma 1.

Questo programma permette in aggiunta di associare direttamente i dati tecnici delle antenne elementari ai parametri che definiscono la postazione in cui sono installate (coordinate, quota, ecc.), creando un archivio all'interno del programma stesso.

Il calcolo del campo vicino ad un sistema di antenne viene effettuato sfruttando l'ipotesi che il punto vicino al sistema di antenne stesso può essere considerato in campo lontano rispetto alle singole antenne elementari.

Nel caso di antenne costituite da una o più cortine di radiatori elementari, un metodo approssimato consiste quindi nel considerare i radiatori elementari come sorgenti singole. A ciascun radiatore elementare viene associato un diagramma di irraggiamento verticale/orizzontale e un guadagno. Il campo totale viene calcolato come sovrapposizione dei contributi dovuti a ciascun elemento. La validità del metodo è limitata alla regione di campo lontano del singolo radiatore.

Nel caso delle antenne utilizzate per la telefonia cellulare i singoli radiatori elementari sono generalmente dipoli a  $\lambda/2$  posti ad una certa distanza da un piano riflettente.

Per utilizzare questo tipo di calcolo previsionale è necessario conoscere:

- numero e disposizione geometrica dei dipoli elementari;
- diagrammi di irraggiamento;
- guadagni;
- differenza di fase di alimentazione;
- percentuale di potenza di alimentazione.

L'output di questo programma è costituito da mappe di isointensità di campo elettrico o magnetico oppure di densità di potenza in formato grafico

### ***1.1.3 Programma commerciale basato sul calcolo numerico tramite Metodo dei Momenti (EM Scientific Inc. MININEC Professional)***

Questo tipo di programma permette di calcolare numericamente le correnti indotte e il campo elettromagnetico sugli oggetti irradiati da una certa sorgente.

Gli input necessari per definire la sorgente sono:

- Descrizione geometrica della sorgente: posizione, tipo di antenna (sono disponibili pochi semplici tipi di antenna: dipoli, quad, TEE), ambiente circostante (spazio libero, piano di terra);
- Tensione o corrente nel gap dell'antenna;
- Impedenza dell'antenna.

In output si possono ottenere: la distribuzione di corrente sulla struttura definita, l'andamento di valore massimo di campo elettrico (in campo vicino) lungo una certa direzione e il diagramma di irradiazione dell'antenna.

### ***1.1.4 Programma commerciale basato sul calcolo numerico tramite il metodo FDTD (RECOM Inc. XFDTD)***

Questo programma calcola il campo elettrico e magnetico in tutti i punti di uno spazio discreto intorno alla sorgente, anche in presenza di diffusori di qualsiasi materiale (di cui si conoscano le costanti dielettriche). La definizione dello spazio e della sua discretizzazione vengono eseguite tramite un'interfaccia grafica.

Gli input da inserire per la definizione della sorgente sono:

- Geometria della sorgente: posizione, dimensioni, materiali di cui è costituita;
- Tensione nel gap dell'antenna;
- Impedenza dell'antenna.

In output si possono ottenere: valori puntuali di campo e di corrente, andamento del campo lungo una certa direzione, mappe 2D di campo e corrente, grafici 3D di correnti superficiali, film dell'andamento di campo nel tempo e nello spazio.

Dall'analisi dei software specifici per la previsione del campo vicino si può vedere come sia difficile effettuare i calcoli per antenne complesse, sia a causa della difficoltà nel reperire gli input che definiscono la sorgente, sia per i problemi legati alla caratterizzazione dello spazio circostante. Infatti è necessario conoscere le caratteristiche dielettriche degli oggetti intorno alla sorgente, nonché essere in grado di inserirne la geometria nello spazio discretizzato della simulazione.

## **2. PARAMETRI DI RIFERIMENTO**

Sulla base delle informazioni descritte per i modelli 1 e 2 e dell'esperienza sinora maturata si possono definire i parametri e le informazioni da inserire in un archivio delle sorgenti, e una proposta di strutturazione dell'archivio stesso.

### **Dati Gestore**

Codice

Tipologia (emittente, tel. cellulare, ecc.)

Proprietario - Legale

Indirizzo

**Dati sito**

Codice

Codice gestore

Indirizzo

Quota s.l.m.

Coordinate UTM

**Dati sorgente**

Codice

Codice sito

Frequenza

Guadagno

Direzione

Tilt elettrico

Tilt meccanico

Polarizzazione

Marca e modello antenna

Altezza del centro elettrico

Potenza

(Situazione autorizzazioni)

### **3. STRUTTURA DELLA BASE DATI PROPOSTA**

L'entità principale su cui è basata la struttura dell'archivio è il sito logico, inteso come un insieme di antenne appartenenti ad uno specifico gestore ed installato in un determinato punto del territorio. Tale entità viene normalmente raggiunta attraverso le caratteristiche anagrafiche o geografiche consentendo successivamente di entrare nel dettaglio ed accedere alle caratteristiche fisiche di ogni sua CELLA, intendendo con tale termine l'antenna o il sistema di antenne che irradiano in una determinata direzione.

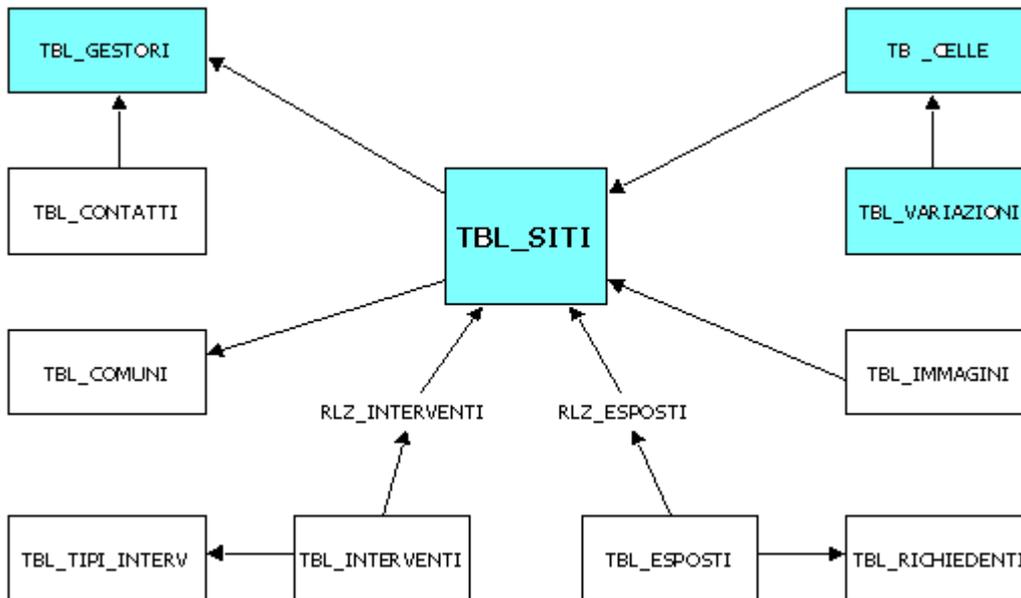
Per identificare il gruppo di siti logici che costituiscono un sito fisico si devono quindi utilizzare le coordinate geografiche.

#### **3.1 Schema principale della base dati**

Tipologie di dati da gestire e le relazioni da costituire:

- dati anagrafici e legali dei gestori e storico dei contatti;
- dati anagrafici del sito;
- coordinate geografiche;
- fotografie del sito;
- caratteristiche fisiche dei sistemi irradianti, compresi i diagrammi di irraggiamento orizzontale e verticale, e storico delle variazioni richieste.

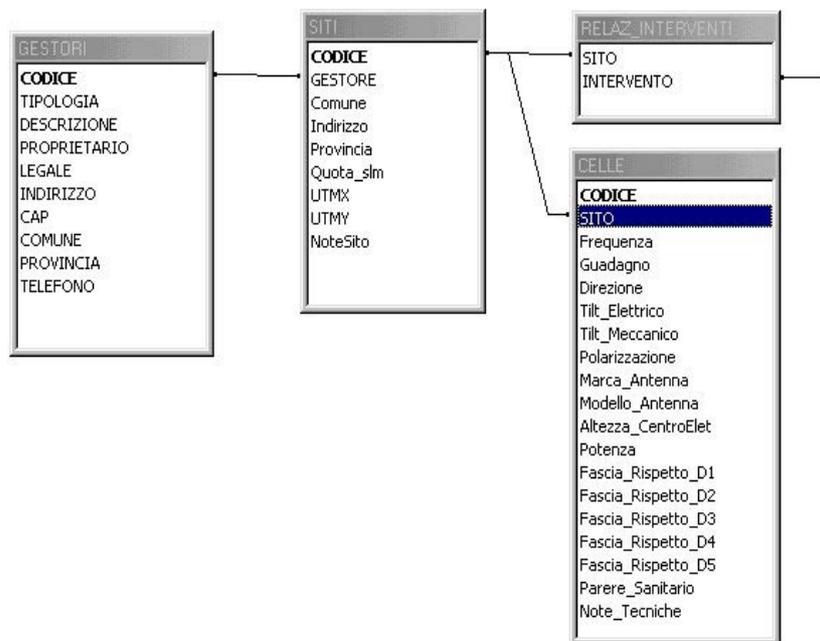
In figura n. 3.1 viene schematizzata la struttura dati necessaria per tale gestione, e per un'eventuale gestione delle richieste di misura, di parere, e degli interventi di monitoraggio.



**Figura n. 3.1: Rappresentazione grafica della struttura della base dati proposta: le tabelle azzurre sono quelle contenenti i dati tecnici ed anagrafici degli impianti**

### 3.2 Dettaglio Tabelle

In figura n. 3.2 sono visualizzate le tabelle principali della base dati, che sono quelle riguardanti i dati tecnici ed anagrafici degli impianti, e il cui contenuto è analizzato di seguito.



**Figura n. 3.2: Tabelle principali della base dati con il loro contenuto**

**GESTORI:** Contiene, oltre al codice univoco che identifica ogni gestore, anche la sua esatta denominazione, il codice della tipologia di emittente (Telefonia, Radio, Televisione), tutti i dati relativi alla sede legale ed al rappresentante legale.

**Tabella gestori**

<b>Nome Campo</b>	<b>Tipo</b>
CODICE	Numerico, con indice
TIPO_EMITTENTE	Numerico, con indice
DESCRIZIONE	Testo
PROPRIETARIO	Testo
LEGALE	Testo
INDIRIZZO	Testo
CAP	Testo
COMUNE	Testo
PROVINCIA	Testo
TELEFONO	Testo

**SITI:** E' l'elemento centrale dell'archivio perché oltre a contenere i dati anagrafici, amministrativi e geografici dei siti, costituisce il legame principale con tutte le altre tabelle, realizzato fisicamente attraverso il codice sito.

**Tabella siti**

<b>Nome Campo</b>	<b>Tipo</b>
CODICE	Numerico, con indice
GESTORE	Numerico, con indice
TIPO_EMITTENTE	Numerico, con indice
COMUNE	Testo
INDIRIZZO	Testo
PROVINCIA	Testo
UTMX	Numerico
UTMY	Numerico
QUOTA_SLM	Numerico
NOTE	Testo
STATO_PARERE	Testo

**CELLE:** Contiene l'elenco delle celle utilizzate per ogni sito, con in particolare i principali dati fisici del sistema d'antenna utilizzato ed il riferimento allo specifico file contenente il diagramma di irraggiamento verticale ed orizzontale. Contiene inoltre i dati della fascia di rispetto relativi all'eventuale parere, il codice del sito a cui appartiene ed il suo codice univoco utilizzato per gestirne le variazioni storiche attraverso un'ulteriore tabella VARIAZIONI, avente uguale struttura.

### Tabella celle

Nome Campo	Tipo
CODICE	Numerico, con indice
CELLA	Numerico, con indice
GESTORE	Numerico, con indice
DESCRIZIONE	Testo
FREQUENZA	Numerico
GUADAGNO	Numerico
DIREZIONE	Numerico
TILT_ELETTRICO	Numerico
TILT_MECCANICO	Numerico
POLARIZZAZIONE	Testo
MARCA_ANTENNA	Testo
MODELLO_ANTENNA	Testo
ALTEZZA_CENTRO	Numerico
POTENZA	Numerico
FASCIA_D1 *	Numerico
FASCIA_D2 *	Numerico
FASCIA_D3 *	Numerico
FASCIA_D4 *	Numerico
FASCIA_D5 *	Numerico
STATO_PARERE	Testo
NOTE_TECNICHE	Testo
FLAG_VARIAZIONE	

\* Voci da inserire nel caso sia prevista la definizione di una fascia di rispetto.

### 3.3 Utilizzo dell'archivio per l'analisi di una zona

L'archivio proposto può essere utilizzato per lo studio delle caratteristiche di distribuzione del campo elettromagnetico e di impatto delle sorgenti su una certa zona.

La procedura da seguire per questi studi è del tipo:

- Inserimento nell'archivio dei dati anagrafici e geografici dei siti e dei dati tecnici delle celle;
- Creazione di un file Ascii contenente l'elenco dei siti, provvisti di coordinate UTM, per ottenere la georeferenziazione (ad esempio con il sistema ESRI-Arcview);
- Individuazione dei siti presenti nella zona attraverso l'archivio georeferenziato;
- Preparazione di un progetto di valutazione teorica del campo elettrico irradiato tramite selezione dei siti interessati e creazione di un file contenente tutti i dati tecnici delle celle.
- Lettura del file dall'applicativo appositamente studiato per simulare il campo elettrico irraggiato da un sistema di antenne e produzione di un diagramma di irraggiamento sia a video che in formato Ascii, georeferenziato.

*Standard per la realizzazione della banca dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (elettrorodotti)*

## **1. INTRODUZIONE**

Ai fini dello sviluppo delle specifiche tecniche per l'implementazione di un inventario delle sorgenti ELF si è proceduto secondo la seguente analisi:

1. Definizione delle sorgenti da inventariare;
2. Definizione dei parametri specifici delle sorgenti individuate;
3. Verifica della congruità con gli input necessari per l'utilizzo di programmi previsionali.

## **2. SORGENTI ELF**

Numerose sono le sorgenti ELF esistenti che producono campi elettrici e magnetici significativi in una area prossima alla sorgente. L'estensione di quest'area dipende dalle caratteristiche proprie della sorgente. Ricordiamo tra le principali:

- Linee elettriche ad alta tensione (132, 220, 380 KVolt);
- Linee elettriche a media e bassa tensione;
- Cabine primarie e secondarie di trasformazione;
- Apparecchiature elettriche ed elettroniche per impieghi civili, industriali, scientifici e medici;
- Varchi magnetici.

Tralasciando l'analisi dettagliata delle sorgenti elencate, compito che va al di là dell'obiettivo del presente lavoro, la valutazione dell'impatto delle sorgenti elencate sull'ambiente, in termini di dimensione del territorio interessato, di numero di soggetti esposti, di livello di esposizione e durata della stessa, porta a concentrare l'analisi sulle linee elettriche ad alta tensione. Infatti, esse determinano livelli significativi in ampie porzioni del territorio, ovviamente dipendenti dalla tensione e dalle correnti circolanti, dalle caratteristiche geometriche, dalla distribuzione delle abitazioni e dall'orografia interessata. Un archivio di tali sorgenti è importante perché consente di analizzare le varie situazioni ambientali anche dal punto di vista previsionale, permettendo così l'individuazione delle situazioni più critiche e quindi la predisposizione di controlli mirati, il dimensionamento e la programmazione degli interventi di risanamento, la pianificazione di nuove linee, potendo definire il livello ambientale determinato quantomeno dalle altre linee esistenti.

Le altre sorgenti prima elencate, al di là del loro enorme numero e della diffusione capillare sul territorio, determinano livelli particolarmente intensi soltanto in prossimità delle sorgenti stesse ed in situazioni assolutamente specifiche e pertanto potranno essere oggetto di indagini e verifiche, ma non si ritiene debbano (né è pensabile possano dal punto di vista pratico) essere oggetto di un inventario.

Analisi e studi compiuti anche dall'ARPA Toscana hanno mostrato infatti come linee interrato in città, cabine elettriche (LICITRA, 1999) e varchi magnetici (ANDREUCCETTI,

1999) esauriscono la loro azione in prossimità della sorgente stessa, anche se in alcuni casi particolari possono essere rilevati valori sensibili. Tali situazioni, essendo legate a condizioni locali, possono essere approfondite sul territorio senza avere un reale vantaggio dalla realizzazione di un inventario (di dimensioni peraltro forse nemmeno immaginabili considerati le migliaia di impianti) che le dovesse catalogare e registrare.

### **3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SPECIFICI DELLE SORGENTI INDIVIDUATE**

Sulla base di quanto esposto, sono stati analizzati i parametri specifici relativi alle linee aeree di trasporto di energia elettrica ad alta tensione. Tale analisi è stata compiuta indipendentemente dai dati attualmente disponibili dal gestore della rete, il quale generalmente si limita a fornire informazioni solo sui parametri principali. Va osservato, infatti ad esempio, che mentre l'ENEL negli anni ha predisposto presso i propri impianti dei lettori in continua di corrente, altri gestori (come le FS) non dispongono di tali dispositivi, di fatto impedendo ogni valutazione legata a stime non grossolane del campo magnetico nel tempo.

La definizione di tali parametri è stata effettuata tenendo conto sia del lavoro svolto dal CTN- AGF presso l'ARPAV nell'ambito della definizione del Catasto Nazionale delle Linee Elettriche Aeree ad Alta Tensione che analizzando vari modelli previsionali disponibili, in uso presso le Agenzie.

#### **3.1 Analisi dei modelli previsionali**

Sono stati analizzati i seguenti modelli:

- LINATCTN, a cura del Dipartimento di Ivrea dell'ARPA Piemonte;
- CAMPI (ver. 2.11) di D. Andreuccetti, IROE-CNR di Firenze;
- IRST, a cura dell'Istituto di Ricerca Scientifico del Trentino.

##### *3.1.1 Modello Dipartimento ARPA di Ivrea – LINATCTN*

Questo modello calcola solo l'induzione magnetica  $B$ , ed è strutturato nella seguente maniera.

#### **Sistema di riferimento**

Si fa riferimento ad un sistema di coordinate XYZ, in cui l'asse X è lungo l'asse longitudinale della linea, l'asse Y è lungo l'asse di simmetria verticale della linea e l'asse Z è orizzontale sul piano trasversale ortogonale alla linea.

#### **Regione di campionamento**

Possono essere effettuate 2 scelte, con input leggermente diversi:

- Lungo un piano trasversale alla linea ortogonale al suolo (quota iniziale e finale dal suolo, numero di intervalli di campionamento, distanza dall'asse della linea);
- Lungo un segmento verticale (altezza iniziale e finale dal suolo, numero di intervalli di campionamento, distanza dall'asse della linea);

### **Dati elettrici della linea**

Possono essere gestite linee a singola o a doppia terna (escludenti).

Occorre specificare per ogni linea:

- corrente efficace;
- fase (0, +120, -120)

### **Dati geometrici della linea**

È possibile considerare una sola campata alla volta. Occorre specificare:

- larghezza della campata;
- dislivello tra il palo sx e il dx;
- quota del cavo più basso del palo sx;
- quota del cavo più basso del palo dx;
- quota del minimo dalla base del palo più basso;
- configurazione reciproca dei cavi (sintetizzata in 3 possibili scelte);
- distanze (Z, Y) reciproche dei cavi

#### **3.1.2 Modello dell'IROE – Campi (ver. 2.11)**

Questo modello calcola il campo magnetico H, l'induzione magnetica B e il campo elettrico E ed è strutturato nella seguente maniera.

#### **Sistema di riferimento**

Si fa riferimento ad un sistema di coordinate XY sul piano della sezione normale alla linea (cioè la sezione generata da un piano verticale ortogonale all'asse longitudinale della linea passante per i punti dove si vuole effettuare il calcolo) avente asse X orizzontale passante per il conduttore più basso della linea ed asse Y coincidente con l'asse di simmetria verticale della linea, se esistente, o altrimenti con l'asse di simmetria verticale dei piloni di sostegno.

#### **Regione di campionamento**

La regione entro cui si può calcolare il campo. Possono essere effettuate diverse scelte e per ognuna di esse cambiano i dati di ingresso. Le possibili scelte e gli input sono:

- Lungo un segmento parallelo al suolo (distanza iniziale e finale dall'asse della linea, altezza costante dal suolo, numero di intervalli di campionamento);
- Lungo un segmento verticale (altezza iniziale e finale dal suolo, distanza dall'asse della linea, numero di intervalli di campionamento);
- Un punto singolo (distanza dall'asse della linea, altezza dal suolo);

- Un punto singolo riferito al livello del mare (quota s.l.m. del conduttore più basso della linea, quota s.l.m. del terreno in corrispondenza dell'asse della linea, quota s.l.m. del terreno in corrispondenza del punto, distanza lungo un piano orizzontale tra la retta verticale passante per il punto e l'asse della linea).

### **Dati elettrici della linea**

Possono essere gestiti fino a 40 conduttori, permettendo l'applicazione del programma anche alle linee di ferrovie, filovie, tranvie, sia in corrente alternata che continua.

Deve essere specificato il numero complessivo di conduttori (attivi o di guardia) e per ogni conduttore deve essere inserita:

- Tensione efficace tra conduttore e terra;
- corrente efficace;
- fase (0, +120, -120)

### **Dati geometrici della linea**

È possibile considerare una sola campata alla volta. Occorre specificare:

- raggio del conduttore (o raggio equivalente, nel caso di conduttori a fascio);
- ascissa e ordinata del punto in cui il conduttore interseca la sezione normale alla linea;
- altezza da terra del centro del conduttore più basso;
- pendenza del terreno.

### **Osservazioni**

Tutti i conduttori costituenti la linea sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra loro, riducendo il calcolo ad un problema *piano*. In sostanza, il calcolo viene approssimato a quello di un cavo rettilineo, orizzontale, infinito posto ad un'altezza da terra pari alla distanza minima da terra della catenaria.

#### *3.1.3 Modello dell'IRST*

Questo modello calcola il campo magnetico H ed è strutturato nella seguente maniera.

### **Sistema di riferimento**

Viene definito un sistema di riferimento OXYZ rispetto al quale si precisano i dati geometrici relativi alla linea:

- l'asse X trasversale alla linea rispetto al quale misurare gli "spiazzamenti" dei fili;
- l'asse Y lungo la direzione di sviluppo della linea rispetto al quale misurare l'angolo di inclinazione delle campate;
- l'asse Z verticale rispetto al quale fissare l'altezza dal suolo identificato con il piano OXY.

## Regione di campionamento

La regione entro cui si vuole calcolare il campo  $H$  è un parallelepipedo che può essere posizionato arbitrariamente rispetto alla linea elettrica; i punti in esso contenuti forniscono i valori di campo magnetico, nella regione di spazio prescelta, fittamente quanto si vuole. È necessario specificare:

- il numero di punti di campionamento lungo i tre assi X,Y,Z;
- il passo di campionamento lungo i tre assi;
- l'origine del campionamento.

## Dati elettrici della linea

I dati elettrici della linea devono essere specificati solo per la campata centrale che interseca la zona di spazio in cui si vuole calcolare il campo magnetico; in particolare per ogni conduttore si deve inserire:

- la corrente effettiva;
- la fase scegliendo tra R, S, T;
- l'offset di ogni fase (in gradi) che misura di quanto una singola fase si discosta dal suo valore standard di riferimento;
- l'ascissa del conduttore (cioè il suo "spiazzamento" rispetto all'asse della linea se tale asse coincide con l'asse Y).

## Dati geometrici della linea

È possibile considerare fino a 5 campate comunque orientate rispetto ad una direzione presa come riferimento (l'asse Y); una volta immessi i dati per più campate, il programma determina la campata centrale automaticamente come l'intermedia fra quelle che la precedono e la seguono e a questa assegna il valore di coordinata  $Y=0$ .

Per ogni campata e per ogni conduttore devono essere specificati:

- la lunghezza della campata;
- la distanza dal traliccio di sinistra del punto minimo della catenaria lungo cui si dispone il conduttore;
- l'altezza dal suolo del punto minimo;
- l'altezza dal suolo del punto di attacco del conduttore sul sostegno di sinistra;
- l'altezza dal suolo del punto di attacco del conduttore sul sostegno di destra;
- l'inclinazione (in gradi) della campata rispetto ad una direzione presa come riferimento.

## Osservazioni

La simulazione non tiene conto delle funi di guardia perché non essendo percorsi da corrente non contribuiscono al campo magnetico generato dai conduttori attivi.

#### 4. PARAMETRI DI RIFERIMENTO PER LO STANDARD

Sulla base delle informazioni descritte e dell'esperienza maturata nel settore si ritiene che sia necessario che l'archivio venga strutturato in maniera da contenere le seguenti informazioni, che potrà essere inserito nel CEN (Catasto Elettromagnetico Nazionale):

##### 4.1 Anagrafica

Elenca tutte le linee elettriche ad alta tensione (380, 220 e 132 KV).

- **Indice CEN** della linea è il codice identificativo della linea dato nell'ambito del catasto elettromagnetico nazionale (CEN).
- **Codice** è il codice identificativo della linea dato dal gestore.
- **Nominativo** è il nome della linea.
- **Tensione** è la tensione nominale della linea indicata dal gestore.
- **Tensione verso terra** è la tensione efficace tra conduttore e terra (tensione nominale/ $\sqrt{3}$ ).
- **Lunghezza totale** è la lunghezza totale della linea.
- **Anno di costruzione**.
- **Localizzazione** comuni, provincie, regioni attraversate.
- **Cartografia** è la cartografia digitalizzata della linea, in scala almeno 1:5000, comprendente due fasce di rispetto di almeno 200 m per lato della linea.

##### 4.2 Tabella tratti

Elenca tutti i tratti in cui sono suddivise le singole linee; i tratti sono "segmenti" di linea omogenei per almeno uno dei seguenti elementi:

- il tipo di conduttore;
- la corrente media;
- il fatto di viaggiare in singola o doppia terna;

In alcuni casi un tratto può essere omogeneo anche per la tipologia del traliccio.

- **Indice CEN** è il codice identificativo del tratto nell'ambito del catasto elettromagnetico nazionale.
- **Codice** è il codice del tratto dato dal gestore.
- **Nodo partenza** è il nome del punto di partenza del tratto.
- **Nodo arrivo** è il nome del punto di arrivo del tratto.
- **Tipologia nodo partenza** caratterizza la tipologia del punto di partenza del tratto, cioè specifica se il tratto parte da un palo, da una centrale, da una stazione elettrica, da una cabina primaria, da un utente, ecc..

- **Tipologia nodo arrivo** caratterizza la tipologia del punto di arrivo del tratto.
- **Lunghezza** indica la lunghezza del tratto.
- **Sistema di Riferimento** E' necessario che sia previsto un sistema di riferimento: è qui proposto un esempio che potrebbe risultare ragionevole:  
Si definisca un sistema di riferimento OXYZ rispetto al quale si precisano i dati geometrici relativi alla linea:
  - L'origine O posta sul suolo, alla base di un palo preso come riferimento (palo sinistro);
  - l'asse X trasversale alla linea rispetto al quale misurare gli "spiazzamenti" dei fili;
  - l'asse Y lungo la direzione di sviluppo della linea rispetto al quale misurare l'angolo di inclinazione delle campate;
  - l'asse Z verticale rispetto al quale fissare l'altezza dal suolo identificato con il piano OXY.
- **Tipologia conduttore** specifica il tipo di conduttore relativo al tratto di linea considerato; è in sostanza un codice che rimanda alle caratteristiche fisiche del conduttore come ad esempio il materiale di cui è costituito e la misura della sua sezione (o il raggio equivalente, nel caso di conduttori a fascio).
- **Tipologia fune** specifica il tipo di fune relativo al tratto di linea considerato e anch'esso è un codice che rimanda alle caratteristiche fisiche della fune.
- **Corrente media** è la corrente media efficace che percorre il tratto fornita dal gestore.
- **Corrente nominale** è la corrente massima efficace per la quale è stata costruita la linea cui il tratto si riferisce.
- **Corrente 95° percentile** è il valore del 95° percentile della corrente efficace, anch'esso fornito dal gestore.
- **Codice terna associata** definisce se il tratto è in singola o doppia terna indicando il codice delle terne associate alla stessa palificazione.
- **Indice CEN terna associata** è il codice dato dal catasto elettromagnetico nazionale dell'eventuale linea che, nel tratto considerato, viaggia in doppia terna con la linea in esame.

#### 4.3 *Tabella campate*

Elenca tutte le campate di ogni singola linea.

- **Indice CEN** è il codice identificativo di ogni campata dato dal catasto elettromagnetico nazionale.
- **Codice sostegno n** è il codice identificativo, dato dal gestore, del primo sostegno della campata.
- **Codice sostegno n+1** è il codice identificativo, dato dal gestore, del secondo sostegno della campata.
- **Lunghezza** indica la lunghezza della campata.
- **Parametro conduttore** è il parametro relativo al conduttore più basso. Il parametro è il rapporto tra la sollecitazione orizzontale cui è sottoposto il conduttore e il peso per metri lineari del conduttore stesso; tale parametro caratterizza la curva catenaria secondo la quale si dispone il conduttore lungo la campata.

- **Parametro fune** è il parametro relativo alla fune di guardia o alle funi di guardia, se sono due come nel caso di alcune tipologie di traliccio; tale parametro è definito come nel caso del conduttore.

#### 4.4 *Tabella sostegni*

Elenca tutti i sostegni delle linee.

- **Indice CEN** è l'indice identificativo del sostegno dato dal catasto elettromagnetico nazionale.
- **Tipologia unificata** indica il tipo di traliccio classificato in base all'unificazione ENEL, la quale raggruppa i diversi tipi di tralicci costruiti, in poche tipologie ben definite.
- **Coordinata est** è l'ascissa del punto in cui è localizzato il sostegno.
- **Coordinata nord** l'ordinata del punto in cui è localizzato il sostegno.
- **Quota s.l.m.** indica l'altezza sul livello del mare del punto in cui è localizzato il sostegno.
- **Ascissa** è l'ascissa del conduttore [n-esimo] (cioè il suo "spiazzamento" rispetto all'asse della linea).
- **Quota conduttore** è l'altezza dal suolo del punto di attacco sul traliccio del conduttore più basso.
- **Fase conduttore** è lo scostamento angolare dei tra fasori corrispondenti alle correnti dei tre conduttori
- **Parametro catenaria** è la distanza dal sostegno di sinistra del punto minimo della catenaria lungo cui si dispone il conduttore.
- **Quota minima** è l'altezza dal suolo del punto di minimo della catenaria lungo cui si dispone il conduttore.
- **Quota funi** è l'altezza dal suolo del punto di attacco della o delle funi di guardia sul traliccio.
- **Angolo di inserimento** è l'angolo con cui sono inseriti i conduttori sul traliccio.

## 5. CONCLUSIONI

Il lavoro presentato è stato svolto basandosi sugli studi compiuti sull'impatto delle sorgenti ELF sul territorio. L'utilizzo che può avere un inventario delle sorgenti appare utile e significativo solo per linee ad alta tensione, pertanto, solo per esse è stato definito uno standard di possibile riferimento.

La verifica degli input richiesti da vari modelli previsionali con lo standard di inventario previsto consente di poter affermare la compatibilità di quanto predisposto con quanto attualmente disponibile presso le Agenzie.

E' certo che non tutti i parametri individuati potranno essere forniti dai gestori in tutti i casi, ma ciò non può limitare la struttura dell'inventario. Solo una legislazione ed una normativa tecnica più chiara e con precise specifiche anche nei confronti dei gestori (ad es. obbligo di misura in continua delle correnti) potrà consentire una valutazione nel lungo termine dell'esposizione a campi ELF.

E' ovvio, inoltre, che i decreti applicativi della legge quadro ora in discussione alle Camere, potrebbero prevedere ulteriori informazioni di cui occorrerà tener conto nella definizione dell'inventario per poter utilizzarlo ai fini di valutazioni preventive connesse con la verifica dei limiti.

## **BIBLIOGRAFIA**

Licitra G. et al, 1999, "Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche in M/B tensione", Atti del Convegno Nazionale AIRP: Aspetti scientifici e normativi delle radiazioni non ionizzanti, Napoli, 29 settembre – 1 ottobre 1999

Andreuccetti D. et al., 1999, "Alcuni casi di esposizione ai campi elettromagnetici generati da barriere antitaccheggio" Atti del Convegno Nazionale AIRP: Aspetti scientifici e normativi delle radiazioni non ionizzanti, Napoli, 29 settembre – 1 ottobre 1999

LINATCTN, a cura del Dipartimento di Ivrea dell'ARPA Piemonte

CAMPI (ver. 2.11) di D. Andreuccetti, IROE-CNR di Firenze

IRST, a cura dell'Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica – Istituto Trentino di Cultura