

La determinazione delle fasce di rispetto di "primo livello" per gli elettrodotti

Benes M.⁽¹⁾, Bampo A.⁽¹⁾, Maslic E., Ferluga S.⁽³⁾, Villalta R.⁽²⁾

⁽¹⁾ ARPA Friuli Venezia Giulia – Dipartimento di Fisica Ambientale, via Tavagnacco 91 – 33100 Udine

⁽²⁾ ARPA Friuli Venezia Giulia, piazza Collalto 15 – 33057 Palmanova (UD)

⁽³⁾ Università degli Studi di Trieste – Dipartimento di Astronomia, Via Tiepolo 11 - 34131 Trieste

benes@arpa.fvg.it

Riassunto

Nel panorama normativo italiano, il DPCM 08.07.2003 per le basse frequenze, prevede la determinazione delle "fasce di rispetto" per gli elettrodotti. L'assenza di una metodologia di calcolo definita ai sensi di legge rende necessari la discussione ed il dibattito, attualmente in atto a livello nazionale, sulle procedure di calcolo e sulla definizione stessa di "fascia di rispetto".

Il presente lavoro definisce un metodo operativo per la valutazione delle fasce di rispetto di "primo livello", intese come proiezione al suolo della massima distanza dall'asse della linea cui compaiono i $3 \mu\text{T}$.

Il risultato dello studio è uno strumento di facile ed immediata applicazione che consente di definire operativamente (in termini di distanza) il concetto di "prossimità" indicato dalla normativa e fornisce alle amministrazioni locali corrette e precise indicazioni per la gestione del territorio, sia per quanto attiene alla stesura dei Piani Regolatori Comunali che per quanto riguarda la valutazione di impatto ambientale degli elettrodotti.

Inoltre, tale strumento può essere impiegato per lo sviluppo di programmi di monitoraggio su vaste estensioni di territorio attraversate da un numero elevato di linee elettriche.

Lo studio effettuato presso ARPA FVG ha riguardato novantanove tipologie di traliccio, per ognuna delle quali è stata estratta la fascia di rispetto come funzione della corrente.

I risultati sono presentati in forma analitica, grafica ed informatica. In particolare è stato messo a punto, nel linguaggio di programmazione C/C++, il pacchetto informatico EIMa3 le cui caratteristiche principali sono: la facilità di utilizzo, la velocità di risposta e la possibilità di eseguire agevolmente ulteriori implementazioni.

A) INTRODUZIONE

L'Art. 3, comma 2 del DPCM 08.07.03 [1] stabilisce che "l'APAT, sentite le ARPA, definirà una metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio".

La Circolare Ministeriale del 15 novembre 2004 [2] chiarisce che "si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a $3 \mu\text{T}$ in termini di valore efficace; le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto".

La norma CEI 106-11 del 01 aprile 2006 [3], definisce la fascia di rispetto come lo spazio circostante ai conduttori di una linea che comprende tutti i punti caratterizzati da un valore di induzione magnetica maggiore od uguale a $3 \mu\text{T}$. Stabilisce inoltre che la proiezione al suolo di detto volume sia da intendersi come un calcolo di I livello.

Al momento, la situazione in Italia è come segue: APAT ha ripetutamente convocato le ARPA al fine di pervenire alla stesura di un documento, non ancora ufficializzato, che regolamenti la valutazione delle fasce di rispetto. APAT, inoltre, suddivide tali fasce in "fasce di I livello" e "fasce di II livello".

Le fasce di I livello sono intese come una prima valutazione cautelativa del rispetto dell'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) effettuata al fine di ottenere una descrizione di massima della situazione ambientale di una vasta porzione di territorio interessata da elettrodotti.

Le fasce di II livello, invece, prevedono una valutazione dell'isovolume a $3 \mu\text{T}$ e sono da valutarsi in situazioni in cui è richiesto un elevato grado di dettaglio.

Lo sviluppo dello strumento EIMa3 (da Electro-Magnetics $3 \mu\text{T}$) si inserisce proprio nel contesto della determinazione delle fasce di rispetto di I livello.

B) DESCRIZIONE DEL PROGETTO EIMa3

La determinazione delle fasce di rispetto di I livello può venire richiesta dalle amministrazioni comunali o provinciali al fine di redigere i piani regolatori. Inoltre, al fine di sveltire la procedura amministrativa dell'Agenzia, può essere molto utile disporre di uno strumento veloce in grado di informare l'utente privato sulla prossimità di un sito ad un elettrodotto.

Nell'intento di pervenire in modo rapido alla determinazione delle fasce di I livello è stato sviluppato lo strumento EIMa3.

Il lavoro, come verrà illustrato nel seguito, è stato suddiviso nei seguenti punti:

- individuazione delle caratteristiche che lo strumento deve soddisfare;
- descrizione dei metodi impiegati per lo sviluppo di EIMa3;
- modalità di presentazione dei risultati.

1) INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DA SODDISFARE

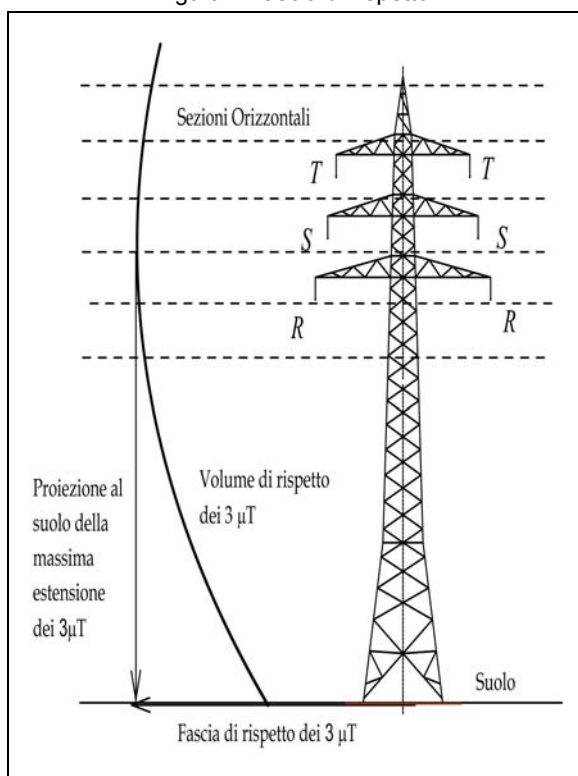
Il software EIMa3 deve soddisfare ai requisiti di rapido accesso ai dati, classificazione in base alla tipologia dei tralicci, raggruppamento per gestore, portabilità informatica dello strumento, aggiornabilità informatica (open source), semplicità di utilizzo, disponibilità del risultato in più versioni. Nel seguito vengono descritti i passi che sono stati fatti per soddisfare a tutte queste esigenze.

2) DESCRIZIONE DEI METODI IMPIEGATI PER LO SVILUPPO DI EIMa3

Il lavoro svolto si è avvalso dei dati forniti dai gestori le cui linee sono presenti sul territorio del Friuli Venezia Giulia (Enel Distribuzione, Terna, GRTN e Ferrovie dello Stato) i dati utilizzati riguardano le tipologie dei tralicci più comuni presenti in Regione, per cui sono disponibili le disposizioni spaziali delle mensole, il numero dei conduttori ed i valori di portata di corrente più elevati [4].

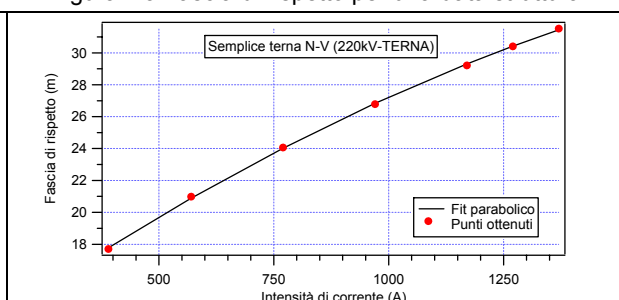
Tali dati sono stati inseriti nel software CalcoloELF [5] ottenendo la riproduzione spaziale bidimensionale del volume di rispetto dei $3 \mu\text{T}$ tramite sezioni orizzontali (si veda la fig. 1). Per un dato valore di corrente è stata estratta la massima estensione trasversale di tale volume al fine di ottenere la fascia di rispetto. Il fatto di valutare fasce di I livello giustifica la scelta di un software di calcolo funzionante in approssimazione di conduttori rettilinei infiniti con il solo riferimento, quindi, alla sezione trasversale di un traliccio.

Figura 1: fascia di rispetto.



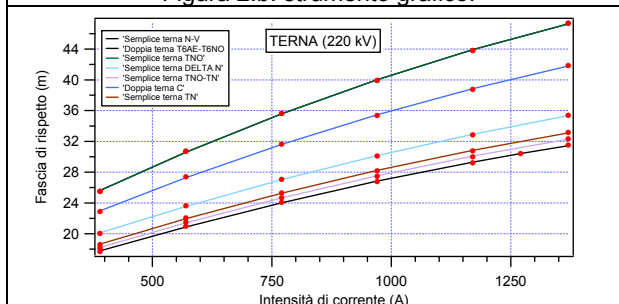
Rappresentazione schematica della proiezione al suolo del volume di rispetto dei $3 \mu\text{T}$ ottenuto per sezioni per un dato traliccio e per un dato valore della portata in corrente.

Figura 2.a: fascia di rispetto per una data struttura.



Andamento della fascia di rispetto di I livello al variare della portata in corrente per una data struttura. Sovrapposto è il fit parabolico.

Figura 2.b: strumento grafico.



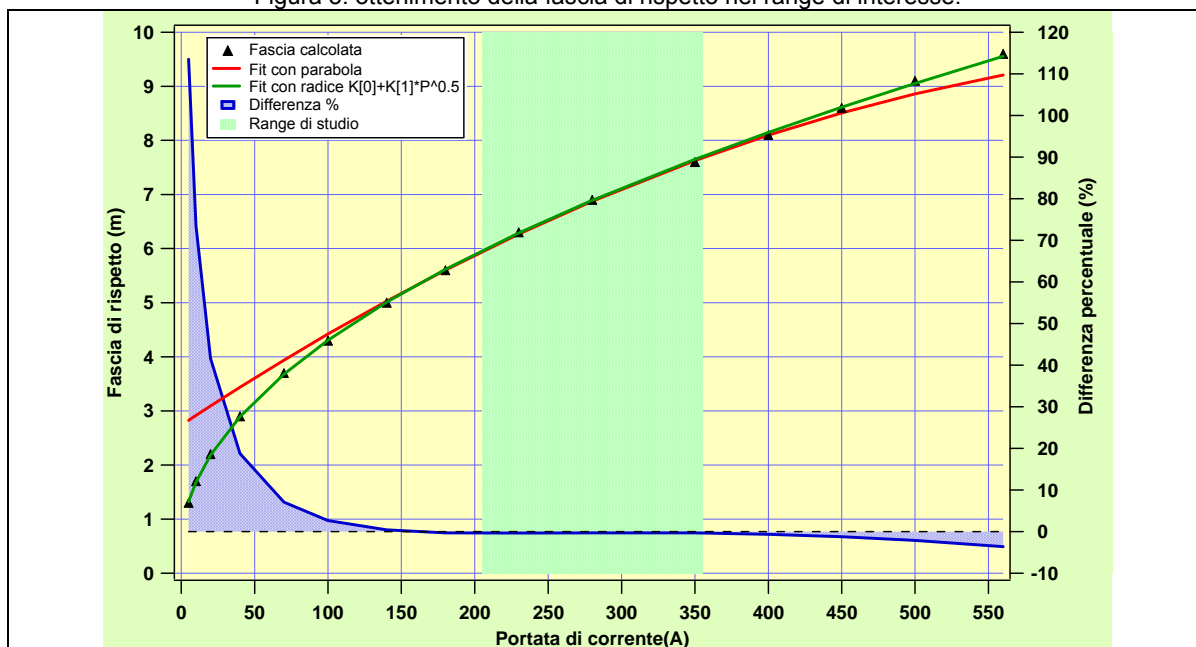
Rappresentazione dello strumento grafico per l'ottenimento della fascia di rispetto di I livello per un set di strutture al variare della portata in corrente. Sovrapposti sono i fit parabolici i cui parametri costituiscono il secondo strumento: quello analitico.

Il medesimo calcolo è stato ripetuto per differenti valori di portata in corrente in un range di variabilità accettabile desunto dall'esperienza dell'Agenzia.

In fig. 2.a viene mostrato l'andamento dell'estensione della fascia di rispetto di I livello al variare della corrente di portata per una specifica tipologia di sostegno: in questo caso si tratta di una semplice terna N-V a 220 kV di proprietà della terna. Si noti come la fascia di rispetto di I livello vari da 18 m a 32 m passando rispettivamente da una portata in corrente di 400 A ad una di 1400 A.

Si è proceduto successivamente all'esecuzione di un fit parabolico nel range di interesse al fine di ottenere un'espressione analitica dell'andamento della fascia di rispetto in funzione della corrente per una data struttura.

Figura 3: ottenimento della fascia di rispetto nel range di interesse.



Rappresentazione del fit con la radice quadrata (curva verde) e del fit parabolico (curva rossa) dell'andamento della fascia di rispetto in funzione della portata in corrente per una data struttura. In blu lo scarto percentuale tra le due e l'ottimo accordo nel range di interesse (tratteggio verde).

La scelta del fit parabolico viene giustificata come segue. Dalla curva verde (fig. 3) si nota l'ottimo accordo con i dati di calcolo per un'ipotesi di fit del tipo radice quadrata.

Comunque, bisogna evidenziare il fatto che il range d'interesse è molto più limitato dell'intervallo dei valori che possono assumere le correnti, questo per le esigenze specifiche dell'ARPA e per il significato tecnico dei valori di corrente.

In altre parole, valori di corrente molto bassi o molto alti non rivestono interesse né di tipo tecnico né di tipo fisico. Quindi, al fine di ottimizzare il tempo di calcolo, si è optato per la scelta di un fit di tipo parabolico nel range di interesse. Tale scelta deriva da uno sviluppo in serie di Taylor attorno al punto centrale. Infatti, fermandosi al secondo ordine, si ha che la radice può venir sviluppata come una parabola.

Come si osserva dalla fig. 3, la curva blu rappresenta la differenza percentuale tra le due ipotesi di fit; si nota l'assoluto accordo, nell'intervallo di interesse tra le due curve, a conferma che la scelta di effettuare un fit parabolico è stata corretta.

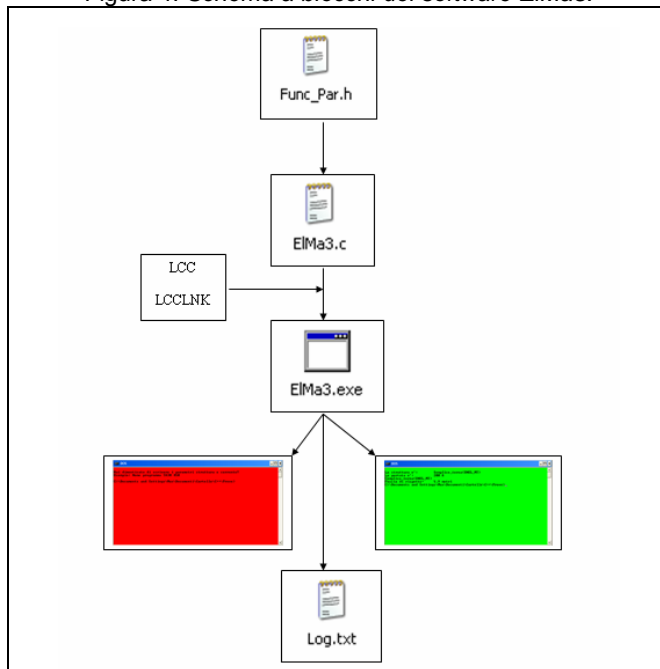
La procedura descritta precedentemente è stata ripetuta per novantanove tipologie di tralicci presenti sul territorio del Friuli Venezia Giulia. Un esempio di rappresentazione grafica che raccoglie varie tipologie di tralicci viene mostrata in fig. 2.b.

3) MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Quanto descritto in precedenza costituisce già due delle modalità di realizzazione dello strumento per il calcolo delle fasce di I livello, infatti, la modalità mostrata dalla fig. 2.b rappresenta la modalità grafica in cui, data una particolare struttura del traliccio e data una certa corrente di portata, si risale immediatamente al valore della fascia. Altresì, la modalità analitica è rappresentata dalle terne di parametri ottenute dai fit parabolico delle curve di cui sopra.

E' stata sviluppata anche una terza modalità: quella informatica in cui è stato implementato un codice per il calcolo delle fasce nel linguaggio di programmazione C++, come descritto nel seguito.

Figura 4: Schema a blocchi del software EIMa3.



Con riferimento alla fig. 4, si osserva lo schema a blocchi del software EIMa3. In Func_Pa.h, è contenuta la forma della funzione analitica (parabola) ottenuta precedentemente. EIMa3.c è il codice C++ riportato in fig. 5 in cui si osserva che il modulo principale è costituito dal calcolo della fascia di rispetto (in neretto) in base alla funzione parabolica che riporta i tre parametri calcolati in precedenza ed in base al tipo di traliccio ed al valore della corrente che vengono passati al programma tramite riga di comando. Mediante il compilatore *lcc* ed il linker *lcclnk* [6], si perviene all'eseguibile EIMa3.exe. Se il passaggio dei parametri tramite riga di comando del prompt del DOS è corretta, compare una schermata verde con il risultato per la fascia di rispetto. Altrimenti compare una schermata rossa di warning. Viene creato, in parallelo un log-file (Log.txt) per la memorizzazione dello storico dei parametri inseriti e dei risultati, nel caso di una sessione di valutazione delle fasce.

Figura 5: Codice del software EIMa3.c e dell'header Func_Par.h. Listato semplificato.

Header Func_Par.h :

```
float Func_Par(float K0, float K1, float K2, int I)
{float f;
 f = K0+K1*I+K2*I*I;
 return (f); }
```

```
/* EIMa3 Rev. 5 Questo programma valuta le fasce di rispetto di I livello per gli elettrodotti
c->path\Hallo <stringa del codice traliccio> <stringa della corrente> */
```

```
#include <c:\lcc\include\stdlib.h> // librerie STANDARD
#include <c:\lcc\include\stdio.h>
#include <c:\lcc\include\string.h>
#include <c:\lcc\include\math.h>
```

```
/******
#include <c:\lcc\include\Func_Par.h> //file header Func_Par
float Func_Par(float K0, float K1, float K2, int I); // prototipo della funzione
/******
```

```
FILE *LogFile; // assegnazione del tipo FILE
```

```
// funzione main con passaggio degli argomenti tramite riga di comando (prompt del DOS)
// argv[(argc=2)-1] è il codice del traliccio // argv[(argc=3)-1] è la portata di corrente
```

```
int main(int argc, char *argv[])
```

```
{
// controllo sull'inserimento dei parametri e conseguente messaggio d'errore
if (argc == 1)
{printf("\nHai dimenticato di scrivere i parametri struttura e corrente!\nEsempio: Nome
programma TA30 450\n");
return (1); // perché main prevede la restituzione di un int }
/******
```

```
// controllo sul successo dell'apertura del Log-file Log.txt
if((LogFile=fopen("Log.txt", "a"))==NULL)
{printf("\nImpossibile aprire il file Log.txt");
return (1); }
```

```

/*****/
    int corrente = atoi (argv[2]); // conversione ascii to integer della corrente, definizione del tipo
    corrente ed assegnazione
    float fascia=0.0; // definizione del tipo float fascia ed inizializzazione a 0.0

/*****99 BLOCCHI DI CALCOLO*****/
/*****ST*****/
    if (!strcmp("ST", argv[1])) // confronta la stringa inserita come riga di comando col
    particolare codice traliccio
        {printf("\nST"); // controllo sul particolare blocco in cui si entra

        fascia=Func_Par(2.736,0.018,-0.0000115,corrente); // calcolo della fascia

        printf("\nFascia di rispetto= %1.1f metri", fascia); // stampa a video la fascia di
        rispetto }
/*****98 x*****/
    // ...
    else { return(1); }

} end main

```

C) CONCLUSIONI

Lo strumento EIMa3 viene qui proposto come una delle possibili soluzioni al problema della determinazione delle fasce di rispetto di primo livello. Si propone come aiuto nell'ambito della definizione del concetto di prossimità ad una linea elettrica al fine di sveltire la procedura amministrativa in seno all'Agenzia ARPA-FVG a seguito delle richieste dei privati. Inoltre, si colloca come proposta per lo studio dei Piani Regolatori nelle sedi comunali o provinciali al fine di una agevole determinazione di siffatte fasce.

La sua presentazione in tre formati: grafico, analitico ed informatico, dovrebbe venire in aiuto ad un'utenza variegata, anche senza specifiche competenze tecniche.

Nel complesso, EIMa3, si inserisce nel dibattito attuale a livello nazionale per la determinazione delle procedure di misura e calcolo delle fasce di rispetto che coinvolge APAT e, di conseguenza, tutte le ARPA.

D) RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] D.P.C.M. del 08.07.2003 – *Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 200 (29-8-2003).
- [2] Circolare del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, Prot. 5007/2004/TQ/RD/106, 15.11.2004.
- [3] 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 elettriche aeree e in cavo*. 01 aprile 2006.
- [4] M. Benes, M. Comelli, A. Drigo, C. Giovani, F. Montanari, R. Villalta, *Strumenti per una mappatura degli elettrodotti: database, software di simulazione e monitoraggio*, Comunicazione orale, pag 21, Atti del Convegno Nazionale – Dal Monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale, 29-31 Ottobre 2003, Villa Gualino, Torino.
- [5] Calcolo ELF, *La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico*, Paolo Bevitori, Stefano R. de Donato, Maggioli Editore 2003.
- [6] <http://www.cs.virginia.edu/~lcc-win32/>