



REGIONE BASILICATA



**PARCO EOLICO SERRA GAGLIARDI  
GENZANO DI LUCANIA (PZ)**

# ELABORATO DI PROGETTO



2					
1					
0	15/05/2010	Ing. M.Martellucci	Ing. M.Martellucci	Ing. F. Di Chiappari	
<b>Em./Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Red./Dis.</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Descrizione</b>

Redazione: **SKYWIND S.r.l.** via Marconi, 6, 04024 Gaeta (LT)

Titolo dell'allegato:

**Impatto elettromagnetico**



Pagine:

*1 di 17*

Doc.n°:

**A.12.**

Committente:



**SKYWIND**  S.r.l. Via Marconi, 6  
04024 Gaeta (LT) ITALY

## SOMMARIO

<b>1. GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO</b>	<b>4</b>
<b>3. COMPONENTI DEL PROGETTO IN GRADO DI GENERARE CAMPI ELETTRROMAGNETICI</b>	<b>6</b>
3.1 IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI	6
3.2 CAMPI ELETTRROMAGNETICI GENERATI DALLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO EOLICO	7
3.2.1 Aerogeneratori	7
3.2.2 Cabine di macchina	8
3.2.3 Cabina di impianto	9
3.2.4 Sottostazione di trasformazione	9
3.2.5 Cavi interrati	10
3.3 CAMPI ELETTRROMAGNETICI GENERATI DA ALTRE COMPONENTI	10
3.3.1 Cabina primaria di consegna Terna	11
3.3.2 Collegamento alla RTN (esistente)	11
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>17</b>

## 1. Generalità

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un *campo elettromagnetico*. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il *campo elettrico* e l'*induzione magnetica*. Il primo, misurato in V/m, dipende dall'intensità e voltaggio della corrente, mentre l'induzione magnetica - che si misura in  $\mu\text{T}$  - dipende dalla permeabilità magnetica del mezzo. Il rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità del mezzo individua il *campo magnetico*. Le grandezze caratterizzanti il campo elettrico ed il campo magnetico sono in generale intercorrelate, fatta eccezione per i campi a frequenze molto basse, per le quali il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati indipendenti.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco. La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusioni, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può comunque essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

Nel presente documento si esaminano le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione del progetto proposto, con particolare riguardo alla generazione di campi elettromagnetici a bassa frequenza. Tutte le componenti del progetto operano, infatti, alla frequenza di 50 Hz, coincidente con la frequenza di esercizio della rete di distribuzione elettrica nazionale.

## *2. Inquadramento normativo*

La legge del 22 febbraio 2001, n. 36, e, in particolare, l'art. 4, comma 2, lettera a) prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione dalla esposizione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche. Per gli impianti che utilizzano la frequenza industriale nominale a 50 Hz tale decreto è, ad oggi - il DPCM del 23 aprile 1992 che disciplina i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

A questo è seguito il DPCM dell'8 Luglio 2003 che stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni. In estrema sintesi l'atto normativo DPCM del 23 Aprile 1992 individua i seguenti limiti massimi di esposizione:

- 5kV/m e 100 $\mu$ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui gli individui trascorrono una parte significativa della loro giornata;
- 10kV/m e 1000 $\mu$ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l'esposizione sia ragionevolmente limitata a poche ore al giorno.

Il decreto definisce anche le distanze di rispetto dagli elettrodotti aerei da 132kV, 220kV e 380kV, rispetto ai fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati.

Le distanze di rispetto sono le seguenti:

- 9 linee a 132kV, 10m
- 9 linee a 220kV, 18m
- 9 linee a 380kV, 28m

Per linee a tensione nominale diverse da quelle elencate e superiori a 132kV, la distanza di rispetto viene calcolata mediante proporzione diretta da quelle sopra indicate. La distanza di rispetto dalle parti in tensione di una cabina o da una sottostazione elettrica è pari a quella prevista, mediante i criteri sopra esposti, per la più alta tra le tensioni presenti nella cabina o sottostazione stessa. L'atto normativo vigente sta per essere sostituito dal *"decreto relativo ai limiti di esposizione, ai valori di attenzione e agli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze fino a 100KHz o da impianti fissi non contemplate dal Dm 381/1998"* che è in corso di emanazione. Nel caso di esposizione a sorgenti operanti alla frequenza nominale di 50 Hz, il limite di esposizione all'induzione magnetica è pari a 100  $\mu$ T, mentre il limite di esposizione al campo elettrico è pari a 5 kV/m. Lo schema di decreto tiene conto anche *dei possibili effetti a lungo termine connessi con l'esposizione continua ai campi generati dalle sorgenti operanti alla frequenza industriale di rete (50 Hz)*, correlandoli a specifici parametri di riferimento temporali di esposizione (limiti validi per *tempi di permanenza non inferiori alle 4 ore giornaliere*). In tali condizioni i nuovi limiti di esposizione all'induzione magnetica sono pari a 0,5  $\mu$ T come valore medio annuale con valori di picco massimo (intervallo di 0.1 secondo) di 2  $\mu$ T. Per quanto concerne la progettazione di nuove linee e/o installazioni elettriche in corrispondenza di recettori sensibili (scuole, asili nido e parchi giochi) o l'edificazione in prossimità di linee e/o installazioni elettriche già presenti, il nuovo decreto individua degli obiettivi di qualità fissando a 0,2  $\mu$ T

(come valore medio annuale di esposizione) il valore dell'induzione magnetica alla frequenza nominale di 50 Hz.

### 3. Componenti del progetto in grado di generare campi elettromagnetici

#### 3.1 Identificazione delle componenti

Il progetto proposto consta nella realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica tramite lo sfruttamento del vento; l'impianto è costituito dai seguenti elementi principali che – avendo parti in tensione – possono dar luogo all'emissione di onde elettromagnetiche:

- aerogeneratore, con generatore di corrente in BT (0.69kV);
- cabina di macchina, per il controllo del funzionamento dell'aerogeneratore stesso e la trasformazione dell'energia prodotta da BT a MT (da 0.69 a 30 kV);
- cavidotti interrati per il collegamento delle cabine di macchina alla cabina di impianto (cavi a 30 kV);
- cavidotti interrati (cavi a 30 kV) per il collegamento della cabina di impianto con la Sottostazione Elettrica di trasformazione (con elevazione da 30 kV a 150 kV);
- cavidotti interrati (cavi a 150 kV ) per il collegamento della Sottostazione Elettrica di trasformazione con la cabina primaria di consegna Terna (380kv).

Per la realizzazione del progetto proposto si rende necessario realizzare anche alcune opere infrastrutturali, (strade di accesso, vie di servizio, etc.) tra le quali

anche un impianto utenza all'interno del quale avverrà l'elevazione di tensione (con trasformatore 30/150 kV) per il collegamento dell'impianto alla RTN tramite la Cabina di consegna da realizzare nel comune di Genzano di Lucania, salvo diverse indicazioni da parte del GRTN.

## **3.2 Campi elettromagnetici generati dalle componenti dell'impianto eolico**

### **3.2.1 Aerogeneratori**

L'aerogeneratore è costituito da un supporto metallico continuo (torre tubolare) alla cui estremità superiore è installata la "navicella", ossia il sistema di conversione dell'energia eolica in energia elettrica, costituito da: pale, albero di trasmissione, moltiplicatore di giri e generatore elettrico. Il generatore elettrico è il più significativo componente che può indurre campi elettromagnetici. Dato il basso valore della tensione in uscita dal generatore (0.69 kV) l'entità dei campi elettromagnetici attorno a tali macchine è trascurabile. Attorno alla navicella posta ad altezze significative da terra non sono presenti significativi campi elettromagnetici poiché nei "moderni" aerogeneratori i componenti meccanici e l'involucro esterno della navicella non sono più realizzati con materiali metallici, come accadeva nei primi aerogeneratori. Anche gli aerogeneratori alla pari di qualsiasi altro ostacolo (naturale o antropico) possono influenzare la propagazione di un campo elettromagnetico, quale quello delle onde radiotelevisive e delle telecomunicazioni. Gli effetti sono quelli di un'alterazione della qualità del collegamento, in termini di segnale-disturbo, e della forma del segnale ricevuto con eventuale alterazione dell'informazione. E' possibile evitare tali interferenze posizionando gli aerogeneratori a distanze di qualche chilometro da trasmettitori e/o ripetitori. Per quanto riguarda invece i collegamenti radio-televisivi, è necessario che gli aerogeneratori siano collocati fuori dal cono di trasmissione, soprattutto per comunicazioni con forte

direzionalità; in particolare le interferenze degli aerogeneratori possono essere imputabili alla generazione di un locale campo magnetico dovuto al moto delle pale metalliche che interagisce con il campo magnetico delle onde radio-televisive. E' da precisare, comunque, i moderni aerogeneratori sono costruiti con pale in composito (resine e/o fibra di carbonio) portando il predetto rischio di disturbo a livelli non considerabili e comunque l'intero aspetto delle interferenze radio/televisive è tuttora in fase di studio e non si dispone al momento di dati certi e confermati sulle possibili interazioni.

### **3.2.2 Cabine di macchina**

Ogni aerogeneratore, al piede della torre tubolare, è dotato di una cabina elettrica (cabina di macchina) interna, dove è alloggiato il trasformatore per la conversione dell'energia elettrica da BT a MT. I valori specifici di induzione elettrica e magnetica dipendono dalle modalità di realizzazione della cabina stessa, dal tipo di trasformatore installato e dalle proprietà schermanti della struttura che ospita la cabina. Da uno studio effettuato dal Dipartimento di Rimini dell'ARPA Emilia Romagna[1] presso delle cabine di trasformazione MT/BT è emerso che il valore di induzione magnetica non ha mai superato i valori di  $1\mu\text{T}$ , mentre il campo elettrico si attesta su valori di 1-2 V/m. Il lavoro effettuato dal Dipartimento di Rimini era mirato alla verifica dei limiti di legge all'interno di insediamenti abitativi. I valori del campo magnetico registrati dal Dipartimento di Rimini sono stati confermati anche dai risultati ottenuti da altri Enti (USL di Sarzana e di Ancona, Dipartimenti provinciali ARPA di Ivrea e Trieste) nel corso di misure effettuate in prossimità di cabine elettriche confinanti con edifici. A conferma della notevole influenza delle caratteristiche costruttive delle cabine elettriche sul livello di campo elettrico indotto, alcuni autori [2] riportano che il campo elettrico nelle immediate vicinanze di cabine di trasformazione BT/MT oscilla tra 10150 V/m. E' da notare, inoltre, che sia i

valori di induzione magnetica che i valori di campo elettrico sono largamente inferiori ai limiti normativi vigenti e rispettano anche i limiti proposti dallo schema del nuovo decreto.

### **3.2.3 Cabina di impianto**

Alla cabina di impianto, realizzata in prefabbricato in cemento armato, vengono convogliati tutti i cavi provenienti dalle cabine di macchina. La cabina di impianto è poi collegata alla "Sottostazione di trasformazione" tramite cavidotto interrato.

### **3.2.4 Sottostazione di trasformazione**

Nella Sottostazione di trasformazione la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV. La cabina di impianto ospita il modulo MT ed il modulo AT, con le celle MT (ricezione linea, interfaccia e contatori) ed il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina, nonché il sistema computerizzato di gestione dell'impianto.

Le cabine ad alta tensione (cabina di impianto) sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono, oltre che dall'intensità di corrente di esercizio, dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella cabina stessa.

I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1.2-5.0kV/ma), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei trasformatori (6.0-15.0  $\mu$ T1)[1]. Le cabine ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori sia ai limiti normativi vigenti sia ai limiti proposti dallo schema del nuovo decreto.

### **3.2.5 Cavi interrati**

La rete di connessione tra le varie apparecchiature dell'impianto è interamente interrata e consta in: cavi in MT (30 kV) per la connessione delle cabine di

macchina alle cabine di impianto e fra queste e la Stazione Elettrica di utenza. Le linee interrate sono costituite da terne trifase con varie geometrie, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo; ciò consente di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno. Il Dipartimento di Rimini dall'ARPA Emilia Romagna[1], ha effettuato delle misure di induzione magnetica immediatamente sopra un cavo interrato a MT con intensità di corrente pari a 100A. I risultati hanno evidenziato che a 20 cm dal piano campagna, al di sopra del cavo interrato, sono registrabili valori di induzione magnetica di 0.2  $\mu$ T, mentre già ad un metro dal suolo il livello di induzione magnetica cala sino a 0.05  $\mu$ T.

La stessa fonte bibliografica riporta che, per cavi interrati AT (132kV) in terna a trifoglio con intensità di corrente del cavo di 790A, i valori di induzione magnetica sono inferiori a 9  $\mu$ T al suolo (in corrispondenza del punto di posa dei cavi), mentre a due metri dal suolo i valori si riducono a circa 1.6 $\mu$ T.

### **3.3 Campi elettromagnetici generati da altre componenti**

Come anticipato nella descrizione generale del progetto, per la realizzazione dell'intervento proposto si rende necessario realizzare anche una Cabina primaria di consegna Terna. Le modalità di realizzazione della sottostazione elettrica, saranno definiti in accordo con il Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale. In base alle informazioni attualmente disponibili, possono comunque essere delineate le considerazioni riportate nei paragrafi successivi, valide

anche per la presenza di campi elettromagnetici dovuti ad elettrodotti aerei da 380 kV (comunque già presenti sul sito di consegna).

### **3.3.1 Stazione di consegna Terna**

Per la connessione della cabina di impianto alla linea RTN a 380 kV è necessaria la realizzazione di una Cabina primaria di consegna Terna. A seconda del mezzo isolante utilizzato, possono essere realizzate due tipi di sottostazioni elettriche: quelle isolate in aria (AIS, Air Insulated Switchgear) e quelle isolate con gas esafluoruro di zolfo (GIS, Gas Insulated Switchgear). Per la realizzazione del progetto, sarà proposta la realizzazione di una sottostazione di tipo AIS. I dati ottenuti in un'indagine effettuata dell'ARPA di Rimini [1] in prossimità di una cabina di trasformazione MT/AT, <sup>1</sup> Valori misurati a 1.5 m dal suolo in una cabina primaria da 220 kV.

mostrano che i valori di campo elettrico lungo il perimetro della sottostazione sono minori di 5V/m e che i livelli di induzione magnetica sono inferiori a 0,2 $\mu$ T. La Cabina primaria di consegna Terna, verrà realizzata nel comune di Genzano di Lucania (PZ).

### **3.3.2 Collegamento alla RTN (esistente)**

Il collegamento del nuovo impianto eolico avverrà tramite la sottostazione da realizzarsi nel comune di Genzano di Lucania (PZ) ed il relativo già esistente collegamento aereo sulla esistente linea a 380 kV. L'intensità di un campo elettrico generato da elettrodotti aerei dipende principalmente dalla tensione di esercizio, mentre il valore del campo magnetico dipende dall'intensità della corrente che vi circola. Entrambi, comunque, dipendono anche da altri fattori, quali: distanza dalla linea (valor massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea che decresce man mano che ci si allontana da essa), altezza dei conduttori da terra (il campo elettrico diminuisce all'aumentare dell'altezza da

terra dei conduttori) e disposizione dei conduttori (terna semplice, doppia terna) [1]. Nelle figure successive si riporta l'andamento del campo elettrico (figura 1) e dell'induzione magnetica (figura 1.2) per elettrodotti aerei a 150 kV, nonché (figura 2) e dell'induzione magnetica (figura 2.1) per elettrodotti aerei a 380 kV, con conduttori del diametro di 31.5 mm. Come emerge dalla figura 1, il massimo valore del campo elettrico è inferiore ai 5 kV/m a circa 3 metri dal pilone ed a 7 m dal suolo (in corrispondenza del punto più basso dei cavi tra due campate successive). Il massimo valore della componente verticale dell'induzione magnetica si registra a circa 8 metri dal pilone a 7 m da terra, in tali condizioni il campo magnetico è di circa 16  $\mu$ T. Il massimo valore della componente orizzontale si registra, invece, a circa 3 metri dal pilone (sempre a 7 m da terra), in tali condizioni il campo magnetico è di circa 19  $\mu$ T. Sia i valori di induzione magnetica che quelli di campo elettrico associati alle linee da 150 kV rispettano i valori limite previsti dalla normativa vigente e di prossimo recepimento.

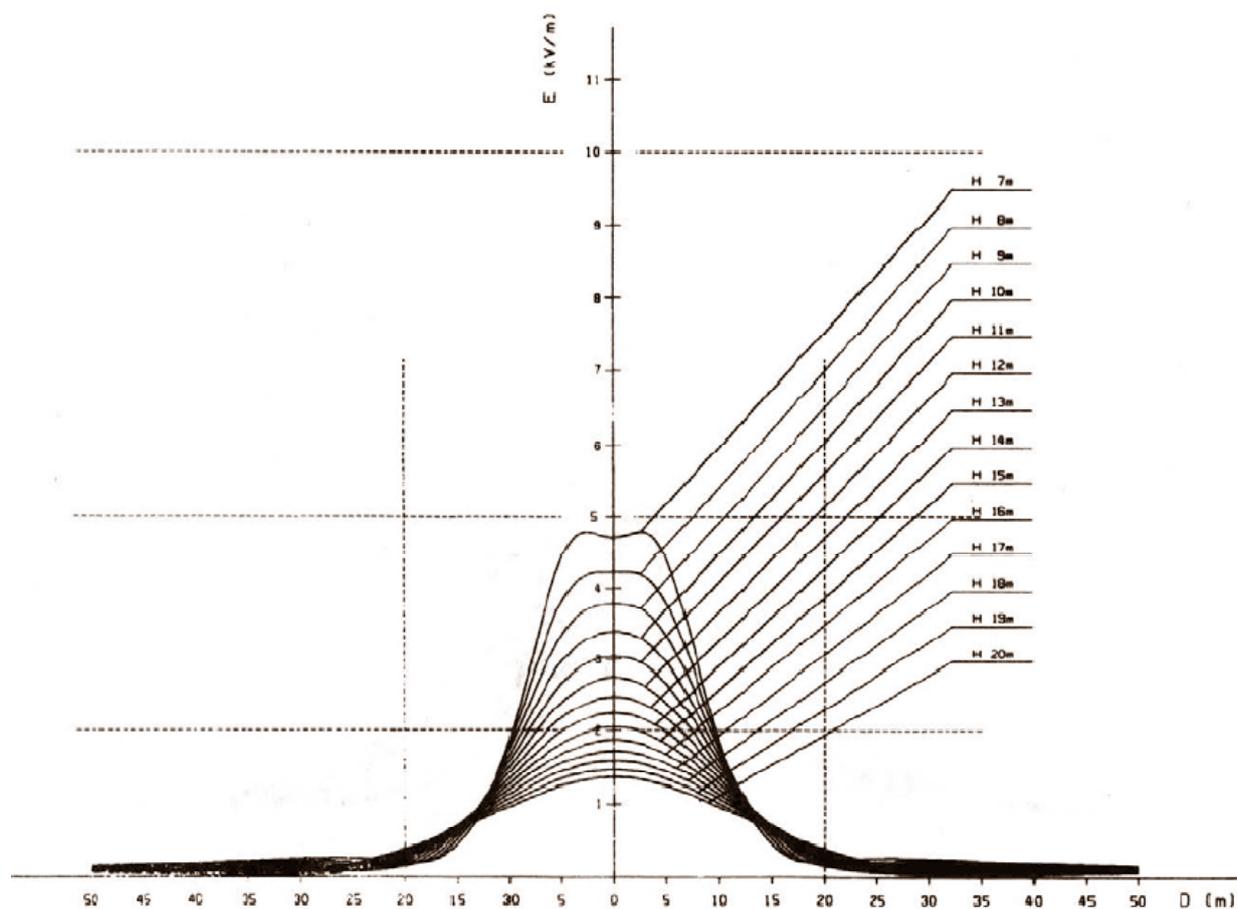


Figura 1: Andamento del campo elettrico al suolo in funzione della distanza dall'asse della linea per elettrodotti da 220 kV in doppia terna con conduttore del diametro di 31,5 mm

### LINEE ELETTRICHE AEREE

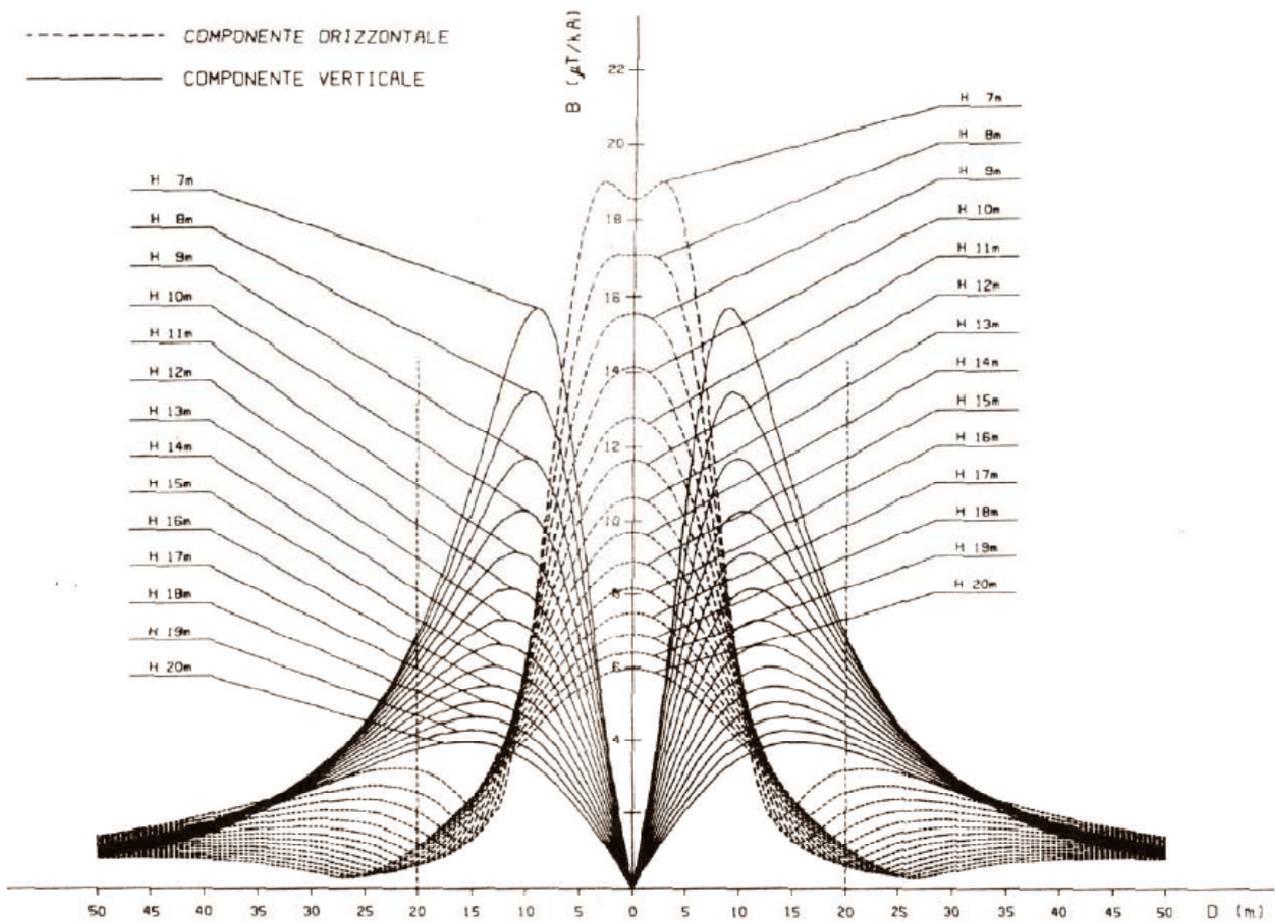


Figura 1.2: Andamento dell'induzione magnetica al suolo in funzione della distanza dall'asse della linea per elettrodotti da 220kV in doppia terna con conduttore del diametro di 31,5mm (alla massima corrente di esercizio, pari a 1000 A)

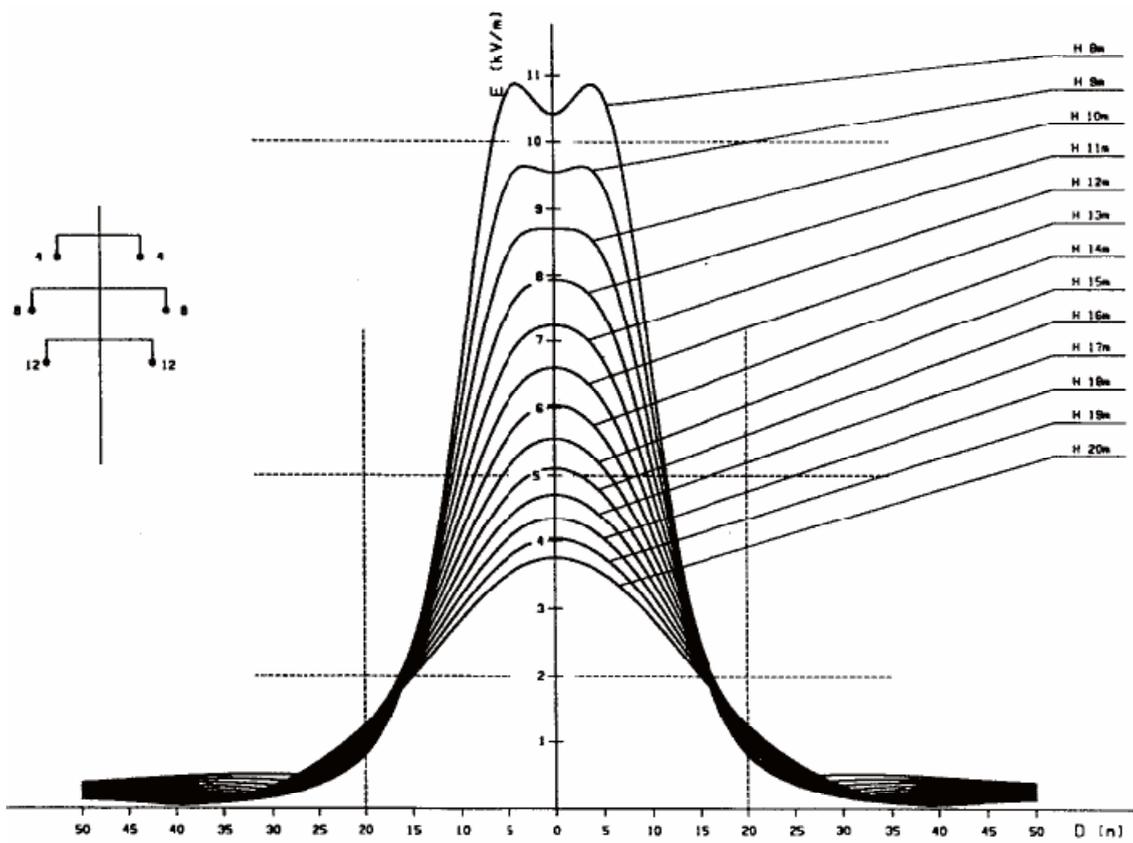


Fig. 2: Andamento del campo elettrico al suolo in funzione della distanza dall'asse della linea. Elettrodotto a 380 kV – doppia terna – conduttore trinato 31.5 mm

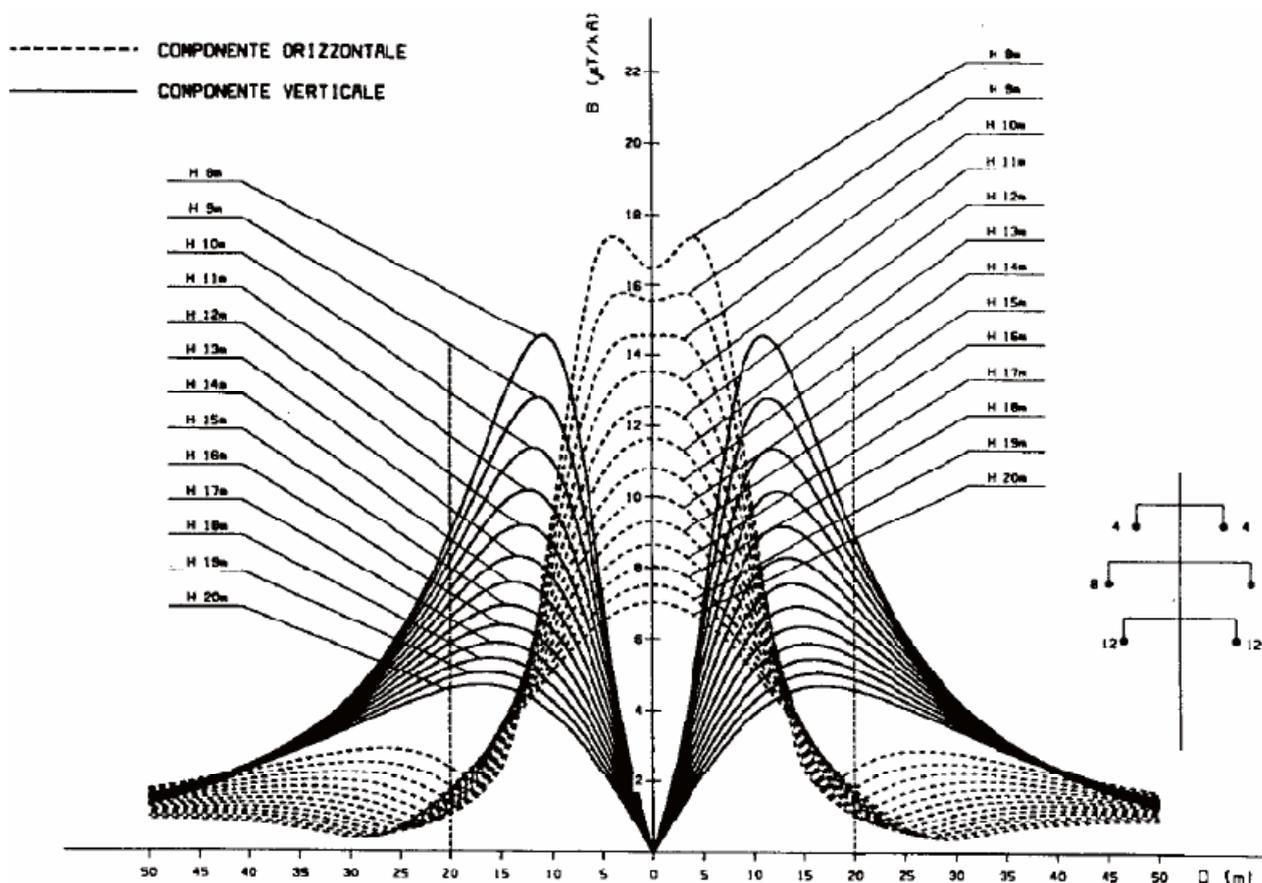


Fig 2.1: Andamento dell'induzione magnetica al suolo in funzione della distanza dall'asse della linea. Elettrodotto a 380 kV - doppia terna - conduttore trinato 31.5 mm

Sintesi Tenuto conto delle caratteristiche costruttive degli aerogeneratori e della bassa tensione del generatore (0.69 KV), attorno alla navicella i campi elettromagnetici sono da ritenere trascurabili. Per quanto riguarda le possibili interferenze degli aerogeneratori con le trasmissioni radio-televisive si può escludere a priori qualsiasi interferenza poiché nell'area non sono presenti trasmettitori, ripetitori o antenne per telecomunicazioni ad una distanza tale da poter generare disturbi. I valori di campo elettrico e di induzione magnetica associati alle cabine di macchina risultano ampiamente inferiori ai limiti normativi vigenti. Per quanto riguarda la cabina di impianto si può ritenere che il campo elettromagnetico indotto sia limitato alla sola area circostante l'installazione, con valori di induzione magnetica e campo elettrico (interni

all'installazione) contenuti entro i limiti normativi vigenti (1.2-5.0 kV per il campo elettrico e 6.0-15.0  $\mu$ T per l'induzione magnetica). Anche i valori di induzione magnetica generati dai cavidotti interrati rientrano nei limiti della normativa vigente. In particolare l'induzione magnetica generata dal cavidotto in AT (150 kV) è inferiore ai 10  $\mu$ T, mentre quella generata dal cavidotto in MT è contenuta entro l'ordine dei decimi di  $\mu$ T, in ragione della ridotta tensione di alimentazione dei cavi (media tensione da 30 kV). Le modalità di realizzazione della Cabina primaria di consegna ed il relativo collegamento con la RTN dovranno essere individuate nel dettaglio in accordo con il Gestore della rete di Trasmissione Nazionale (GRTN) e comunque verrà realizzata da Terna nel pieno rispetto delle normative vigenti. In relazione alla tensione di esercizio delle opere connesse, si può comunque ritenere che, anche a brevi distanze dalle opere stesse, i valori di campo elettrico e di induzione magnetica rispetteranno i valori limite previsti dalla norma vigente. Dai valori di induzione magnetica e campo elettrico precedentemente riportati e dal loro raffronto con i limiti normativi (attuali e di prossimo recepimento) si può comunque ritenere trascurabile il rischio di esposizione per la popolazione a campi elettromagnetici legato all'esercizio dell'intera opera proposta.

## **Bibliografia**

1. "Inquinamento elettromagnetico; aspetti tecnici, sanitari e normativi", Paolo Bevitori, Maggioli Editore, 1998
2. Insetto Campi Elettromagnetici della rivista "Ambiente & Sicurezza sul lavoro", numero 6, giugno 2001
3. U&C numero 10, novembre/dicembre 2001, "La legge sull'elettrosmog e le misure in laboratorio e in campo"
4. U&C, numero 3, marzo 2000, "Misura dei campi elettromagnetici ed esposizione umana: nuove guide CEI"