

**Parco eolico “SCOLPITO”**  
**Comune di Comune di Brindisi (BR)**

***RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI***

Ing. Alberto Voltolina

## INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Scopo	3
2	COMPATIBILITÀ ELETTRROMAGNETICA GENERALE	4
2.1	Normative	4
2.2	Definizioni	4
2.3	Obbiettivi di qualità	6
3	ANALISI ELETTRROMAGNETICA	8
3.1	Tipologia di cavo utilizzato	8
3.2	Disposizione dei cavidotti	9
3.2.1	Analisi sezione con una Terna da 185 mmq	11
3.2.2	Analisi sezione con due terne da 400 mmq	13
3.2.3	Analisi sezione con una terna da 400 mmq e una da 185 mmq	15
4	CONCLUSIONI	17

## **1 INTRODUZIONE**

La società proponente intende realizzare, nell'ambito del territorio del comune di Brindisi (BR) in località Scolpito, un Parco Eolico della potenza nominale di 30 MW finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, denominato "Scolpito".

### ***1.1 Scopo***

La presente relazione ha come scopo la descrizione dell'analisi elettromagnetica svolta sui cavidotti interni al parco eolico e anche sull'elettrodotto interrato che connette l'iniziativa al futuro ampliamento della SE 380/150 kV denominata Brindisi SUD.

## **2 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA GENERALE**

### **2.1 Normative**

La normativa che si occupa di tutelare la popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici, disciplina separatamente le alte frequenze (impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio) e le basse frequenze (elettrodotti). Le leggi di riferimento nella presente valutazione sono:

- Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'8 luglio 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”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'8 luglio 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, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.
- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i.

### **2.2 Definizioni**

Valgono le seguenti definizioni:

- Esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- Valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- Elettrodotto: Insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- Corrente: Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
- Portata in corrente in servizio normale: Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni;
- Portata in regime permanente: Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05);

- Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità;
- Distanza di prima approssimazione (DPA): Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.”

### **2.3 Obiettivi di qualità**

Gli obiettivi di qualità sono:

- 1) I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
- 2) I valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, è obiettivo del DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) che fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico<sup>1</sup> (5 kV/m) e del campo magnetico (100 $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti

abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

### 3 ANALISI ELETTROMAGNETICA

Per l'analisi elettromagnetica specifica di questo progetto, relativa ai cavi di potenza che collegano tra loro i diversi aerogeneratori e poi a loro volta alla Stazione elettrica, si sono svolte delle simulazioni con apposito software.

In particolare, sono state elaborate con il software "FEMM" (Finite Element Method Magnetics) v4.2 sviluppato da David Meeker, utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

#### 3.1 Tipologia di cavo utilizzato

Per poter calcolare il campo magnetico, direttamente collegato alla circolazione di corrente, è necessario definire le caratteristiche dei cavi utilizzati. In particolare, questo impianto avrà una connessione alla rete con nuovo standard di tensione a 36 kV, pertanto i cavi di potenza utilizzati hanno questa tensione. Le loro caratteristiche elettromeccaniche sono le seguenti:



Aderzahl und Nennquerschnitt Number of cores and cross-section mm <sup>2</sup>	Zulässiger Kurzschlussstrom, Leiter Conductor short-circuit current kA	Zulässiger Kurzschlussstrom, Schirm Screen short-circuit current kA	Erwärmungszeitkonstante, Dreieck* Heating time constant, trefoil* s	Erwärmungszeitkonstante, flach* Heating time constant, flat* s	Belastbarkeit an Luft, Dreieck* Current ratings in air, trefoil* A	Belastbarkeit an Luft, flach* Current ratings in air, flat* A	Belastbarkeit in Erde, Dreieck* Current ratings in ground, trefoil* A	Belastbarkeit in Erde, flach* Current ratings in ground, flat* A
1x50/16	4.7	3.2	264	204	194	221	179	193
1x70/16	6.6	3.2	336	260	241	274	219	235
1x95/16	9.0	3.2	425	330	291	330	261	282
1x120/16	11.3	3.2	511	400	335	378	298	320
1x150/25	14.2	5.0	632	509	376	419	331	350
1x185/25	17.5	5.0	737	599	430	477	373	393
1x240/25	22.7	5.0	901	748	504	553	432	449
1x300/25	28.4	5.0	1086	913	574	626	485	500
1x400/35	37.8	7.0	1464	1305	659	698	547	542
1x500/35	47.3	7.0	1740	1608	756	786	617	592
1x630/35	59.6	7.0	2105	2000	866	889	690	653
1x800/35	75.6	7.0	2631	2588	984	992	770	723

### 3.2 Disposizione dei cavidotti

Una volta definite le caratteristiche dei cavi è necessario capire quale sia la loro disposizione all'interno del parco, pertanto di seguito si riportano, dapprima una planimetria e le immagini in sezione delle disposizioni dei cavi, poi una tabella riassuntiva delle caratteristiche elettriche di ogni linea.

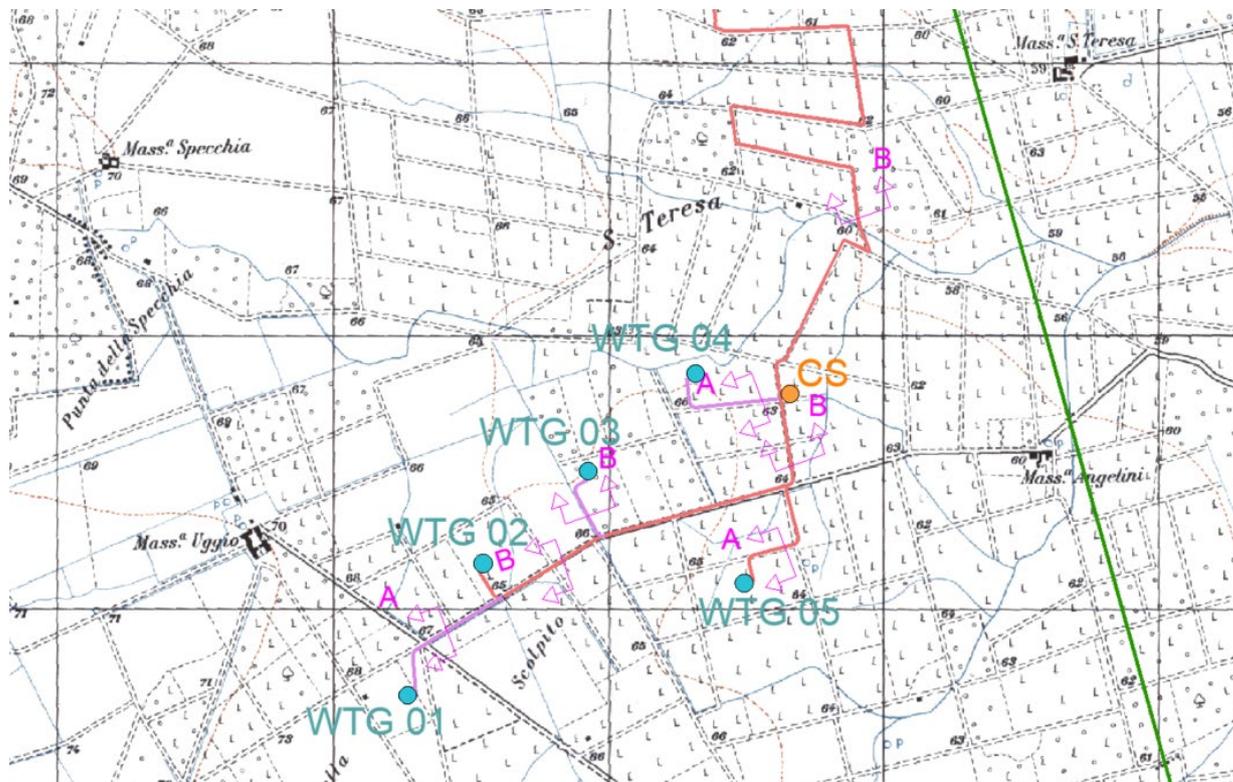


Figura 1 - Rappresentazione su ctr dei tracciati di connessione

RAPPRESENTAZIONE VARIE TIPOLOGIE CAVIDOTTI



Figura 2 - Sezioni cavidotti parco eolico Gravina S. Antonio

Potenza [kW]	Corrente [A] - In	Iz [A]	Sezione conduttore (mmq)	Lunghezza [km]
--------------	-------------------	--------	--------------------------	----------------

WTG 01 - WTG 03	6000	101,3	373	185	1,20
WTG 03 - CS	12000	202,6	547	400	1,30
WTG 02 - WTG 05	6000	101,3	373	185	1,75
WTG 05 - CS	12000	202,6	547	400	0,80
WTG 04 - CS	6000	101,3	373	185	0,45
CS - SE	15000	253,2	547	400	4,86
CS - SE	15000	253,2	547	400	4,86

Nello specifico la vista in sezione di tipo A ha un cavo di sezione pari a 185 mmq, la vista in sezione B presenta due cavi che possono avere o entrambi sezione da 400 mm o uno da 185 mm e uno da 400 mm.

Sulla base di queste configurazioni si è definita la corrente che è pari alla massima corrente supportabile dalla singola terna di conduttori in funzione del tipo di disposizione (trifoglio) e del tipo di posa (interrata).

Tipologie di posa	1 Terna 185 mm <sup>2</sup>	Corrente	305,86
	2 Terne 400 mm <sup>2</sup>	Corrente ciascuna terna da 400 mm <sup>2</sup>	377,43
	1 Terna da 400 mm <sup>2</sup> + 1 Terna da 185 mm <sup>2</sup>	Corrente terna 185 mm <sup>2</sup>	257,37
		Corrente terna 400 mm <sup>2</sup>	377,43

Definite le correnti massime che possono circolare nelle singole terne si possono definire i campi magnetici generati in ogni situazione per mezzo del software "FEMM" (Finite Element Method Magnetics) v4.2.

### 3.2.1 Analisi sezione con una Terna da 185 mmq

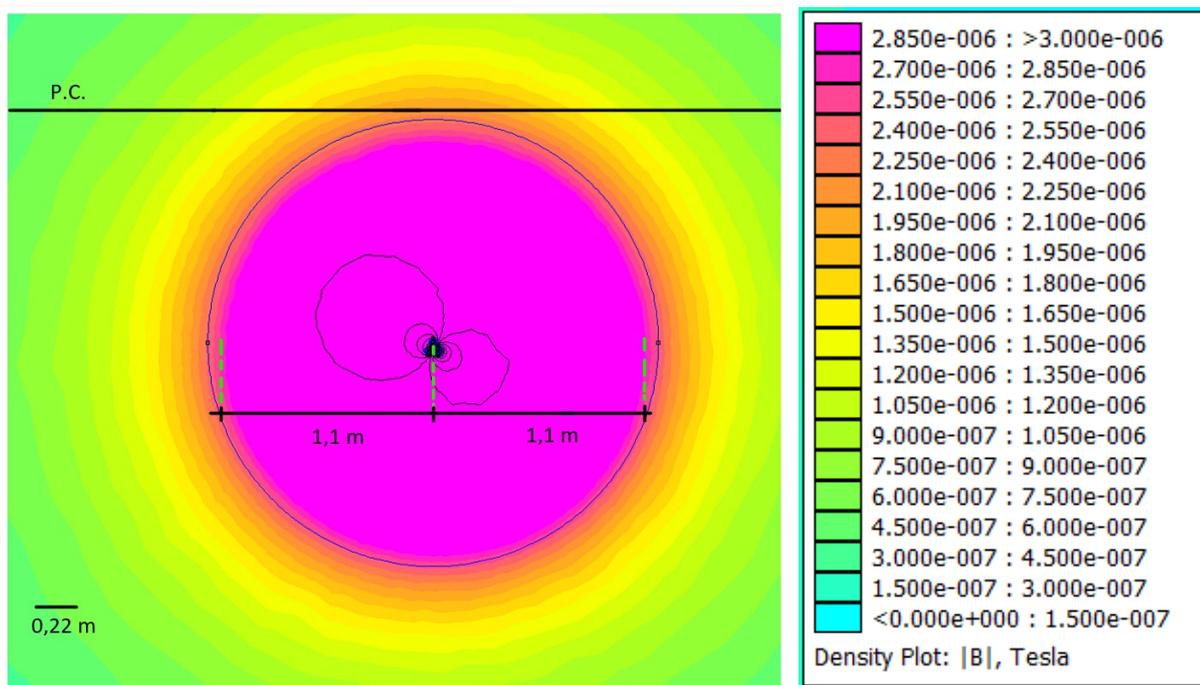
Le caratteristiche della configurazione con 1 terna da 185 mmq sono le seguenti:

- Connessione: n.1 cavi (N)A2XS(F)2Y 3x1x185 mmq posati in tubo di PVC con diametro interno di 200mmq.

- Il cavidotto sarà disposto su apposita trincea con estradosso posato a circa 1,25 m di profondità dal piano di calpestio (P.C.).

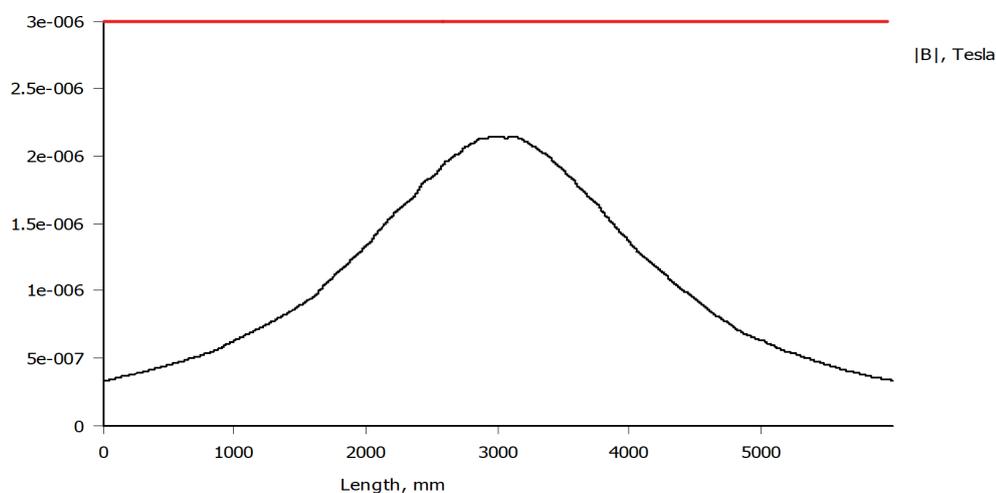
Di seguito si riportano le analisi elettromagnetiche svolte con il software FEMM 4.2.

Distribuzione 2D del campo magnetico generato:



**Figura 3 - DPA cavidotto 1 terna da 185 mm<sup>2</sup>**

Distribuzione del campo magnetico alla quota di calpestio:



**Figura 4 - Integrale del campo magnetico per evidenziare la fascia di rispetto**

Come si evince dalle precedenti figure la fascia di rispetto è nulla come da aspettative visto che la DPA è interamente sotto il piano di calpestio.

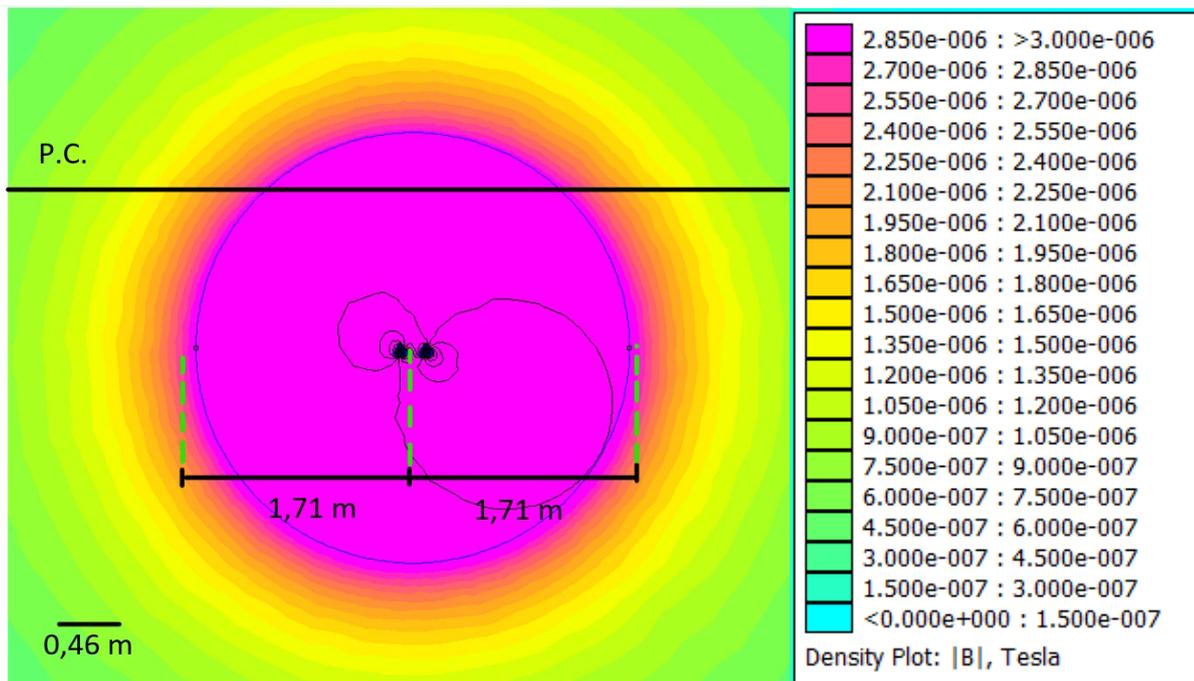
### *3.2.2 Analisi sezione con due terne da 400 mmq*

Le caratteristiche della configurazione con 2 terne da 400 mmq sono le seguenti:

- Connessione: n.2 cavi (N)A2XS(F)2Y 3x1x400 mmq posati in tubo di PVC con diametro interno di 200mmq.
- Il cavidotto sarà disposto su apposita trincea con estradosso posato a circa 1,25 m di profondità dal piano di calpestio (P.C.).

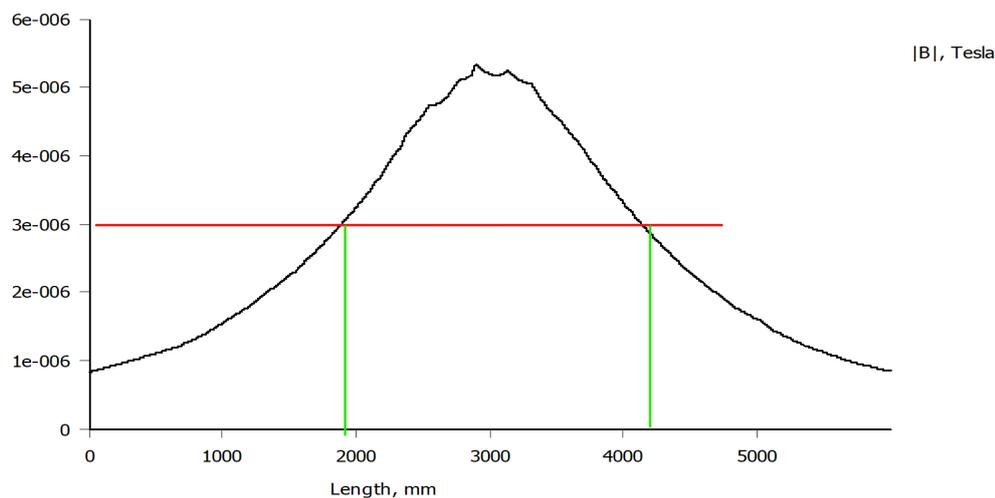
Di seguito si riportano le analisi elettromagnetiche svolte con il software FEMM 4.2.

Distribuzione 2D del campo magnetico generato:



**Figura 5 - DPA cavidotto 2 terne da 400 mm2**

Distribuzione del campo magnetico alla quota di calpestio:



**Figura 6 - Integrale del campo magnetico per evidenziare la fascia di rispetto**

Come si evince dalle precedenti figure la fascia di rispetto è pari a 2,25 m, essendo che la DPA è pari a 1,71+1,71 m.

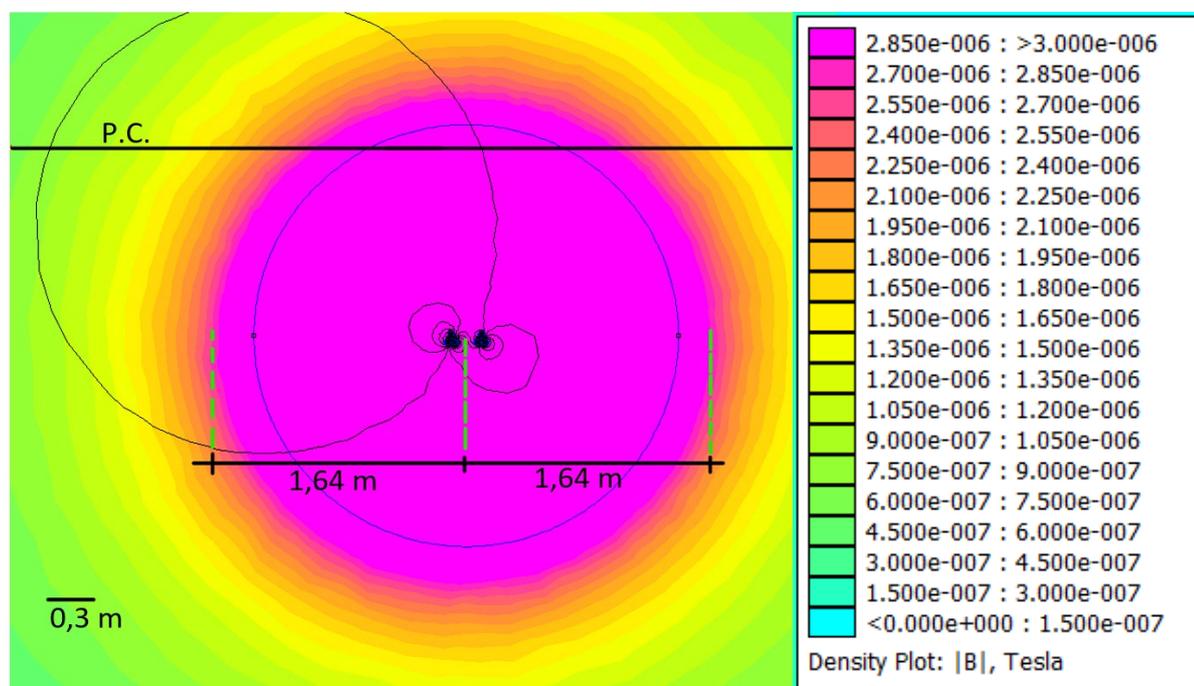
### 3.2.3 Analisi sezione con una terna da 400 mmq e una da 185 mmq

Le caratteristiche della configurazione con 1 terna da 185 mmq e 1 da 400 mmq sono le seguenti:

- Connessione: n.1 cavi (N)A2XS(F)2Y 3x1x400 mmq e n.1 cavi (N)A2XS(F)2Y 3x1x185 mmq posati in tubo di PVC con diametro interno di 200 mmq.
- Il cavidotto sarà disposto su apposita trincea con estradosso posato a circa 1,25 m di profondità dal piano di calpestio (P.C.).

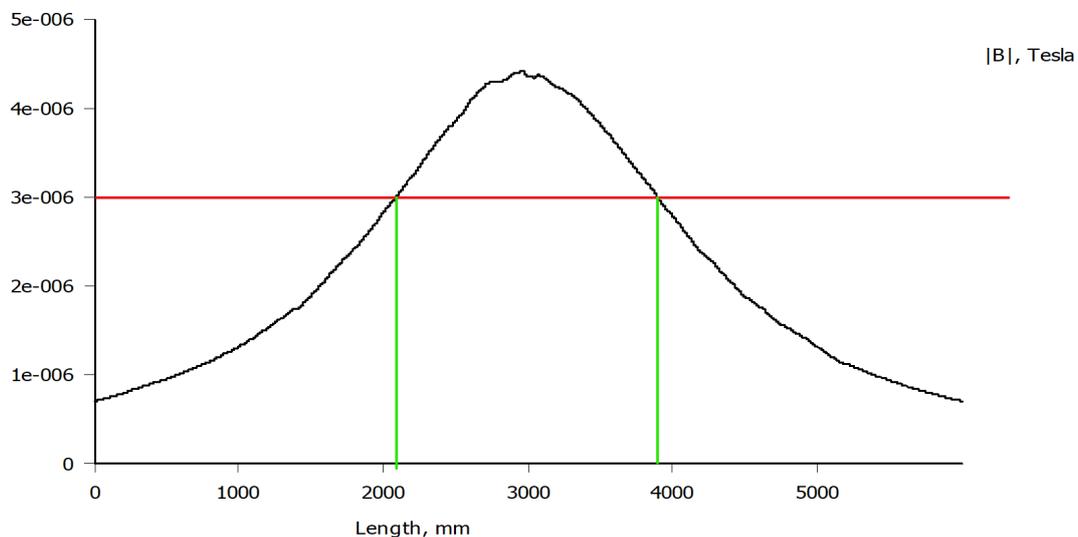
Di seguito si riportano le analisi elettromagnetiche svolte con il software FEMM 4.2.

Distribuzione 2D del campo magnetico generato:



**Figura 7 - DPA cavidotto 1 terna da 400 mm<sup>2</sup> e 1 da 185 mm<sup>2</sup>**

Distribuzione del campo magnetico alla quota di calpestio:



**Figura 8 - Integrale del campo magnetico per evidenziare la fascia di rispetto**

Come si evince dalle precedenti figure la fascia di rispetto è pari a 1,83 m, essendo che la DPA è pari a 1,64+1,64 m.

## **4 CONCLUSIONI**

Dall'analisi svolta si evince come nessuno dei casi esaminati presenti particolari criticità o problematiche per individui e/o ambiate, tali da richiedere una modifica del progetto.

Inoltre, si ricorda che, tutte le simulazioni svolte considerano la massima portata in corrente dei singoli cavi e non quella che effettivamente transiterà (che è minore). Pertanto l'analisi è assolutamente cautelativa.