



REGIONE PUGLIA
COMUNE DI CERIGNOLA (FG) E
COMUNE DI SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SAN CASSANIELLO"
NEI COMUNI DI CERIGNOLA (FG) E SAN FERDINANDO DI PUGLIA (BT)

TITOLO

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	VISTI
<p>Via Degli Arredatori, 8 70026 Modugno (BA) - Italy www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net tel (+39) 0805046361</p> <p>Azienda con Sistema di Gestione Certificato UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p> <p>Tecnico ing. Danilo POMPONIO ing. Mariano MARSEGLIA</p> <p>Collaborazioni ing. Milena MIGLIONICO ing. Giulia CARELLA ing. Antonio CAPOBIANCO ing. Giovanna SCUDERI ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI ing. Dionisio STAFFIERI</p> <p>Responsabile Commessa ing. Danilo POMPONIO</p>	<p>INERGIA S.p.a.</p> <p>Sede Operativa: Via Cola D'Amatrice n.1 63100 ASCOLI PICENO Tel.: 0736/342490 Fax: 0736/341243</p> <p>Sede legale: Via Tirso n. 26 00198 ROMA Tel.: 06/97746380 Fax: 06/97746381</p> <p>www.inergia.it e-mail: info@inergia.it PEC: direzione.inergia@legalmail.it</p> <p>CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM CQY CERTIQUALITY UNI EN ISO 9001:2015 UNI EN ISO 14001:2015 UNI ISO 45001:2018</p>	

DATI PROGETTAZIONE

Cod. Progetto	Commessa	
23087	23087	

Scala -	Formato Stampa A4	Cod. Elaborato EO-SFE-PD-SIA-18	Rev. a	Nome File EO-SFE-PD-SIA-18 -Relazione Impatto Elettromagnetico.doc	Elaborato 1	Foglio 1 di 26
------------	----------------------	------------------------------------	-----------	--	----------------	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	15/01/2024	Prima Emissione	Zingarelli	A.Corradetti	R.Caioli

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	2
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	5
4.1 Generalità	5
4.2 Cabine di trasformazione MT/BT aerogeneratore	5
4.3 Linee di distribuzione in MT.....	6
4.4 Sottostazioni Elettriche Utente	6
4.5 Linee di distribuzione in AT	7
5. METODOLOGIA DI CALCOLO MAGNETICO	10
5.1 Definizioni.....	10
5.2 Distanza di prima approssimazione (Dpa).....	10
5.3 Cenni teorici sul modello utilizzato	10
5.4 Metodo di calcolo	11
6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	12
6.1 Cenni teorici.....	12
7. CAMPI ELETTROMAGNETICI AEROGENERATORE	12
7.1 Interferenze elettromagnetiche.....	12
7.2 Cabina trasformazione MT/BT	13
8. LINEE MT E AT.....	14
8.1 Determinazione dei campi magnetici	14
8.2 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA).....	18
9. SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE UTENTE E COLLEGAMENTO AT ALLA RTN.....	18
10. CONCLUSIONI.....	24



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla redazione del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **INERGIA S.p.A.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 12 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 86,4 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Cerignola (FG) e San Ferdinando di Puglia (BT), in cui insistono gli aerogeneratori e le opere di connessione alla RTN.

Più in dettaglio l'impianto eolico presenta:

- N. 12 aerogeneratori ad asse orizzontale da 7,2 MW con l'obiettivo di realizzare una centrale di potenza complessiva pari a 86,4 MW;
- N. 12 cabine di trasformazione MT/BT poste all'interno della torre;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra il gruppo di aerogeneratori denominato cavidotto interno;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione denominato cavidotto esterno;
- Realizzazione di n. 2 Sottostazioni Elettriche Utente:
 - Sottostazione Elettrica Utente di Consegna AT (SSE AT)
 - Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione AT/MT (SSE AT/MT)
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in alta tensione (150 kV) per il collegamento tra le Sottostazioni Elettriche Utente SSE AT e SSE AT/MT;

La Sottostazione Elettrica Utente SSE AT verrà collegata attraverso un collegamento aereo AT alla Stazione Elettrica RTN a 380/150 kV della RTN da collegare in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Foggia – Palo del Colle" (punto di consegna alla RTN). Tale Stazione Elettrica RTN è stata autorizzata nel Comune di Cerignola (FG) con Determina Dirigenziale n.4 del 27 gennaio 2016 da altro produttore e risulta in fase di realizzazione da parte di Terna.

I particolari delle opere elettromeccaniche a servizio dell'impianto oggetto del presente progetto, sono riportati negli elaborati progettuali allegati.

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003.



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

2. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT.
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287).
- 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 I".
- Linea guida per applicazione del 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" E-Distribuzione
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- Effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;
- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

(all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ T per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, *"La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"*.

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio"* (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Cabine di trasformazione MT/BT di aerogeneratore installate nella navicella;
- Il cavidotto MT di collegamento tra gli aerogeneratori costituente il collegamento interno;
- Il cavidotto MT di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica costituente il collegamento esterno;
- La sezione in media ed alta tensione all'interno delle Sottostazioni elettriche Utente (SSE AT e SSE AT/MT);
- Il cavidotto AT di collegamento tra le Sottostazioni Elettriche Utenti (SSE AT e SSE AT/MT);
- Il Collegamento aereo in AT tra la Sottostazione Elettrica Utente di Consegna AT (SSE AT) e la Stazione Elettrica 380/150 kV RTN (SE RTN)

4.2 Cabine di trasformazione MT/BT aerogeneratore

All'interno della navicella dell'aerogeneratore è ubicato il trasformatore MT/BT che eleva la tensione di generazione al livello di trasmissione del cavidotto MT. A base torre invece sono ubicati i quadri in MT, per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche in arrivo e/o in partenza.

PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

4.3 Linee di distribuzione in MT

Gli aerogeneratori sono connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento interno. Quest’ultimi sono connessi alla Sottostazione Elettrica Utente di Trasformazione AT/MT (SSE AT/MT) attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavi impiegati fino alla sezione 630 mm² saranno del tipo ARE4H5EE 18/30 kV o similari, tripolari cordati ad elica visibile oppure unipolari con posa a trifoglio. Essi sono costituiti con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (XLPE), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l’isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo. Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell’isolante.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tabella 3: Caratteristiche dimensionale dei cavi.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore Isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x300	20.7	34.3	47.6	478
3x1x630	30.0	44.5	58.3	709

Si precisa che, i cavi MT ad elica visibile (di tipo pre-cordato) sono esclusi dalla metodologia di calcolo prevista dalla normativa di riferimento. Tuttavia, al fine di dare evidenza dei rischi dovuti all’induzione magnetica ed al campo elettrico vengono di seguito esposti i risultati anche per cavi di questa tipologia.

4.4 Sottostazioni Elettriche Utente

Ciascuna Sottostazione Elettrica Utente (SSE AT e SSE AT/MT) sarà costituita da un’area recintata composta da una sezione AT e un locale comando e controllo, locale BT. La SSE AT/MT prevede un locale MT (contenente i quadri MT, il trasformatore MT/BT) con una sezione di arrivo MT dall’impianto eolico ed una sezione di trasformazione AT/MT, la SSE AT prevede una sezione di partenza in AT per la consegna dell’energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale.

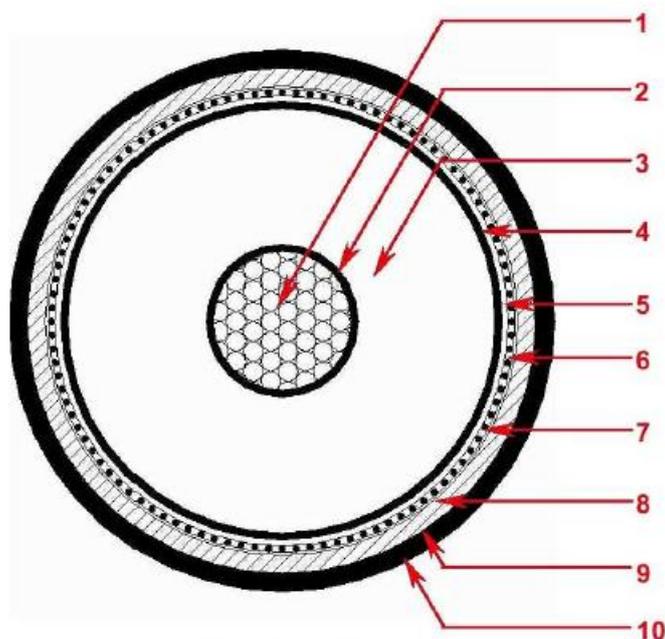
4.5 Linee di distribuzione in AT

Per il collegamento elettrico tra le Sottostazioni elettriche Utente (SSE AT e SSE AT/MT) si utilizzeranno cavi AT con formazione unipolare (87/150 kV ARE4H1H5E da 1600 mmq o similari) con posa direttamente interrata e disposizione a trifoglio. Il tracciato, le sezioni e profondità di scavo sono indicati negli elaborati progettuali.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro Isolante	Diametro cavo	Portata nominale
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x1600	49,1	94	109	1096

Di seguito viene riportata le caratteristiche principali del cavo AT, la modalità di posa e la sezione potranno variare in fase di progettazione esecutiva.

CAVO ARE4H1H5E 150 kV 1600 mm²



(Disegno indicativo – Non in scala)

1	Conduttore	Corda rotonda compatta (tamponata) a fili di alluminio
2	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
3	Isolamento	XLPE
4	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
5	Tamponamento longitudinale	Nastro semiconduttivo rigonfiante
6	Schermo metallico	Fili di rame
7	Contospirale	Nastro di rame
8	Tamponamento longitudinale	Nastro rigonfiante
9	Guaina metallica	Nastro longitudinale di alluminio monoplaccato
10	Guaina esterna	Polietilene (grafitato)

ARE4H1H5E-87/150kV
1x1600

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	U.M.	Dati
CONDUTTORE	Materiale	ALLUMINIO
Sezione	mm ²	1.600
Diametro	mm	49,1
Numero minimo di fili (secondo IEC 60228)	n°	N.A.
ISOLANTE	Materiale	XLPE
SPESSORE ISOLANTE - nominale	mm	20,0
DIAMETRO SULL'ISOLANTE min - max	mm - mm	90 - 94
SCHERMO A FILI DI RAME - sezione	mm ²	100
NASTRO DI ALLUMINIO - spessore nominale	mm	0,2
GUAINA ESTERNA	Materiale	PE
SPESSORE GUAINA - nominale	mm	4,0
DIAMETRO ESTERNO min - max	mm - mm	105 - 109
PESO DEL CAVO - indicativo	kg/m	11,9
CARATTERISTICHE FUNZIONALI	U.M.	Dati
Resistenza elettrica max a 20 °C - Conduttore	Ohm/km	0,0186
Resistenza elettrica max a 90 °C - Conduttore	Ohm/km	0,0289
Reattanza di fase a 50 Hz	Ohm/km	0,118
Resistenza elettrica max a 20 °C - Schermo	Ohm/km	0,208
Capacità di fase	mF/km	0,24
Raggio minimo di curvatura	m	3,0
⁽¹⁾ PORTATA - I _z	A	1.096
⁽²⁾ CORRENTE TERMICA di C.C. - Conduttore	kA x 0,5 s	213
⁽²⁾ CORRENTE TERMICA di C.C. - Schermo	kA x 0,5 s	31,5
⁽³⁾ SOVRACCARICO - 5 ore	kA	1,81
⁽³⁾ SOVRACCARICO - 50 ore	kA	1,44

(1) I valori delle portate sono state calcolate in regime permanente per una terna di cavi posati:

- formazione dei cavi:	a trifoglio
- collegamento degli schermi:	cross-bonding
- temperatura del conduttore (°C):	90
- distanza interassiale fra cavi adiacenti (mm):	cavi a contatto
- profondità di posa (piano di appoggio dei cavi) (m):	1,4
- temperatura del terreno (°C):	20
- resistività termica del terreno (°Cm/W):	1,0

(2) Le correnti termiche di corto circuito del conduttore sono state calcolate nelle seguenti condizioni:

- durata del corto circuito (s):	0,5
- temperatura iniziale dei conduttori (°C):	90
- temperatura finale dei conduttori (°C):	250
- temperatura iniziale degli schermi (°C):	80
- temperatura finale degli schermi (°C):	250

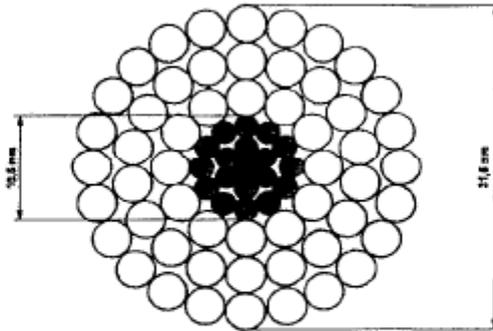
(3) I valori delle portate in sovraccarico in funzione delle durate (5h e 50h), sono stati calcolati con corrente iniziale pari all'80% della portata iniziale.

Per il collegamento della Sottostazione Elettrica Utente di Consegna AT (SSE AT) allo Stallo di arrivo produttore 150 kV RTN nella SE RTN, si utilizzerà una linea aerea, a semplice terna, equipaggiata con conduttori in corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,30 mmq con un diametro complessivo di 31,50 mm. Tale collegamento di circa 50 m interessa aree soprattutto interne alle sottostazioni elettriche utente e di RTN.



LINEE AEREE A.T.
CONDUTTORE A CORDA
DI ALLUMINIO - ACCIAIO DIAMETRO 31,5

RQ UT 0000C2
Revisione: 01
Pagina: 1/2



TIPO CONDUTTORE	C 2/1		C 2/2 (*)	
	NORMALE		INGRASSATO	
FORMAZIONE	Alluminio	54 x 3,50	54 x 3,50	54 x 3,50
	Acciaio	19 x 2,10	19 x 2,10	19 x 2,10
SEZIONI TEORICHE (mm ²)	Alluminio	519,5	519,5	519,5
	Acciaio	65,80	65,80	65,80
	Totale	585,30	585,30	585,30
TIPO DI ZINCATURA DELL'ACCIAIO		Normale		Maggiorata
MASSA TEORICA (Kg/m)		1,953		2,071 (**)
RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20°C (ohm/km)		0,05564		0,05564
CARICO DI ROTTURA (daN)		16852		16516
MODULO ELASTICO FINALE (N/mm ²)		68000		69000
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)		19,4 x 10 ⁻⁶		19,4 x 10 ⁻⁶

(*) Per zone ad alto inquinamento salino

(**) Compresa massa grasso pari a 103,39 gr/m.

1. Materiale:

Mantello esterno in Alluminio ALP E 99,5 UNI 3950

Anima in acciaio a zincatura normale tipo 170 (CEI 7-2), zincato a caldo

Anima in acciaio a zincatura maggiorata tipo 3 secondo prescrizioni ENEL DC 3905 Appendice A

2. Prescrizioni:

Per la costruzione ed il collaudo: DC 3905

Per le caratteristiche dei prodotti di protezione: prEN50326

Per le modalità di ingrassaggio: EN50182

3. Imballo e pezzature:

Bobine da 2.000 m (salvo diversa prescrizione in sede di ordinazione)

no	Data	Descrizione della revisione	Elaborato	Verificato	Collaborazioni	Approvato
00	21-01-2002	PRIMA EMISSIONE	RIS/ML	RIS/ML		RIS/ML
01	25-07-2002	Aggiornata massa conduttore ingrassato				
			G. D'Ambrósio	A. Posati		R. Fiendina

Contribuisce il :

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

5. METODOLOGIA DI CALCOLO MAGNETICO

5.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

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.

5.2 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.

5.3 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la *sezione normale*, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

5.4 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).



PARCO EOLICO “SAN CASSANIELLO”	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

6.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove: λ = densità lineare di carica sul conduttore;

ϵ_0 = permittività del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

7. CAMPI ELETTROMAGNETICI AEROGENERATORE

7.1 Interferenze elettromagnetiche

Gli aerogeneratori possono essere fonte di interferenza elettromagnetica a causa della riflessione e della diffusione delle onde radio che investono la struttura. L'origine di disturbi elettromagnetici dovuti alla presenza di aerogeneratori è da ricercare nella interferenza delle pale (specialmente se in materiali metallici o riflettenti o se dotate di strutture metalliche all'interno) e dei sostegni con campi elettromagnetici, supporto di telecomunicazioni (televisione, segnali di ponti radio, mezzi di aiuto alla radionavigazione, ecc.).

Gli effetti di questo fenomeno possono essere studiati e calcolati facendo ricorso a modelli matematici predittivi che permettono di individuare, in maniera conservativa, la zona oltre la quale il rapporto tra segnale e disturbo è tale da non incidere sulla qualità del radioservizio. La misurazione degli effetti è possibile attraverso prove sperimentali.



PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

Sulla base di quanto riportato a questo proposito in letteratura sulla caratterizzazione di macchine di media taglia, considerando che l'impianto è costituito da un solo aerogeneratore e che lo stesso non si frappone a ripetitori di segnali di telecomunicazione, si ritiene che il rischio di tali disturbi possa considerarsi irrilevante. Si consideri altresì che i moderni aerogeneratori utilizzano pale in materiale non metallico e antiriflettente, cosa che come detto riduce ulteriormente il disturbo.

7.2 Cabina trasformazione MT/BT

Il sistema elettrico degli aerogeneratori è costituito da apparecchiature in bassa tensione collocati sulla navicella e cavi di bassa tensione che da quest'ultima raggiungono il trasformatore MT/BT. Per i cavi in BT non è applicabile la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (art. 3.2 DM 29/05/2008).

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}}$$

Dove

- u_{cc} è la tensione percentuale di cortocircuito;
- S_r è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a è la distanza dal trasformatore.

Un valore di DPA pari a 8 m attorno al trasformatore garantisce valori di campo magnetico inferiori al limite consentito dalla legge.

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

8. LINEE MT e AT

8.1 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrato permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Per quanto riguarda il cavidotto MT sarà simulato il tratto MT esterno (S1) ovvero di connessione degli aerogeneratori alla Sottostazione Elettrica Utente AT/MT ed il tratto interno (S2) in quanto risulta essere la situazione più cautelativa:

- S1: N. 6 terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² percorsi da corrente massima (Portata in regime permanente) pari a 346 A ed interrati ad una profondità di 1,30 m primo strato formato da n.3 terne e 1,60 m secondo strato formato dalle restanti terne;
- S2: N. 5 terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² e N.1 da 300 mm² percorsi da corrente massima (Portata in regime permanente) pari rispettivamente da 346 A e 233 A ed interrati ad una profondità di 1,30 m primo strato formato da n.3 terne e 1,60 m secondo strato formato dalle restanti terne;

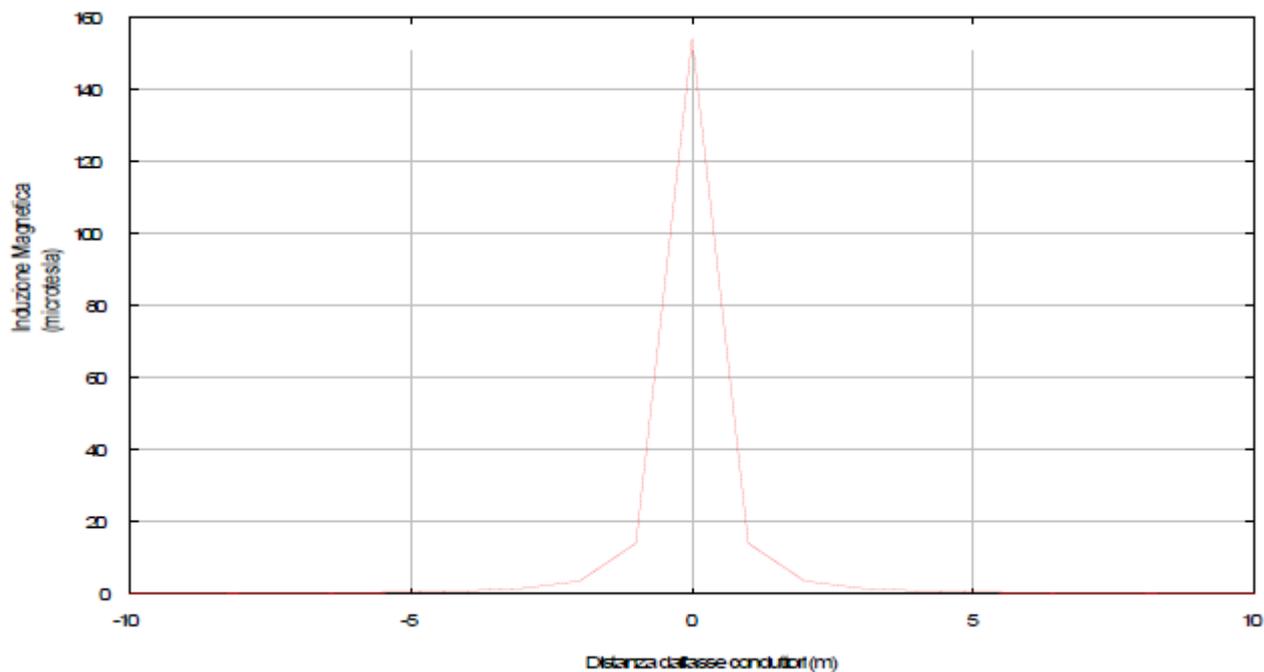
Per quanto riguarda il cavidotto AT il tratto alla tensione nominale di 150 kV di collegamento tra le Sottostazioni Elettriche Utenti:

- S3: una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 1600 mm² percorsa da corrente massima (Portata in regime permanente) pari a 811 A ed interrata ad una profondità di 1,60 m

Per la definizione della distanza di prima approssimazione, i valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori (asse x) e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori (asse y).



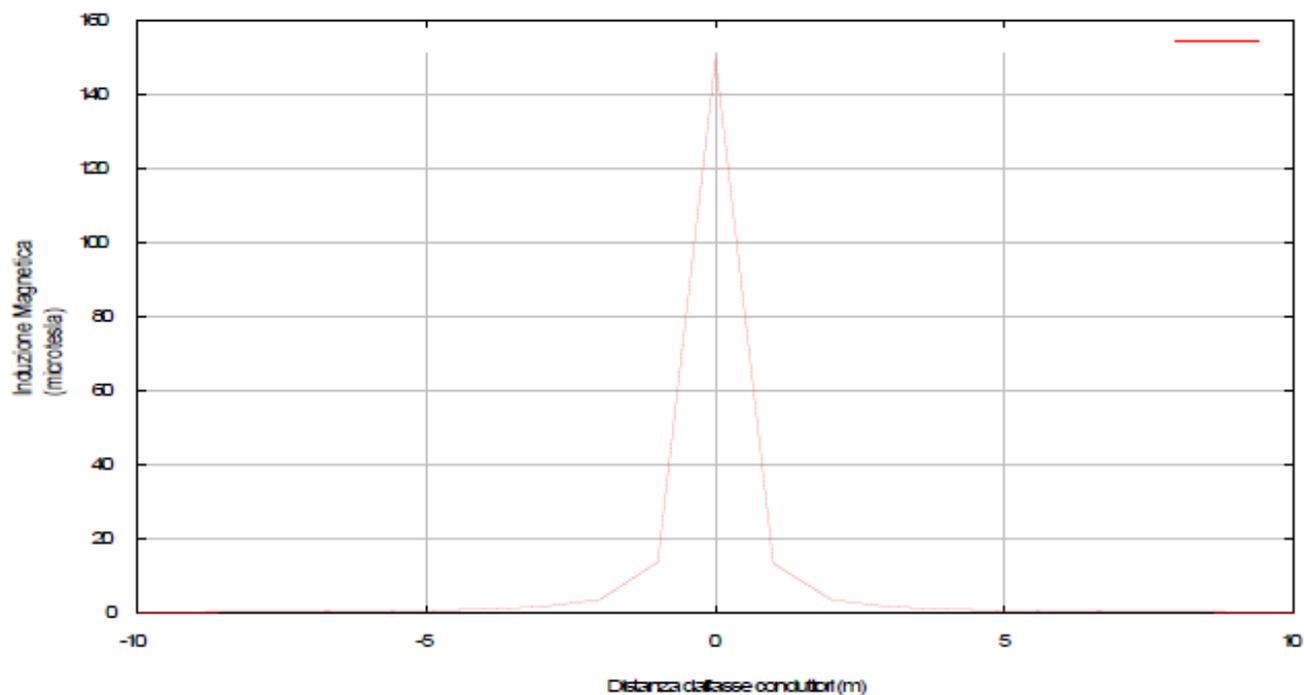
Di seguito i risultati ottenuti dalla simulazione S1 cavidotto MT



Distanza dai cavi [m] Altezza conduttori [μT]

-10	0.15
-9	0.18
-8	0.23
-7	0.3
-6	0.41
-5	0.59
-4	0.92
-3	1.62
-2	3.64
-1	14.13
0	154.39
1	14.13
2	3.64
3	1.62
4	0.92
5	0.59
6	0.41
7	0.3
8	0.23
9	0.18
10	0.15

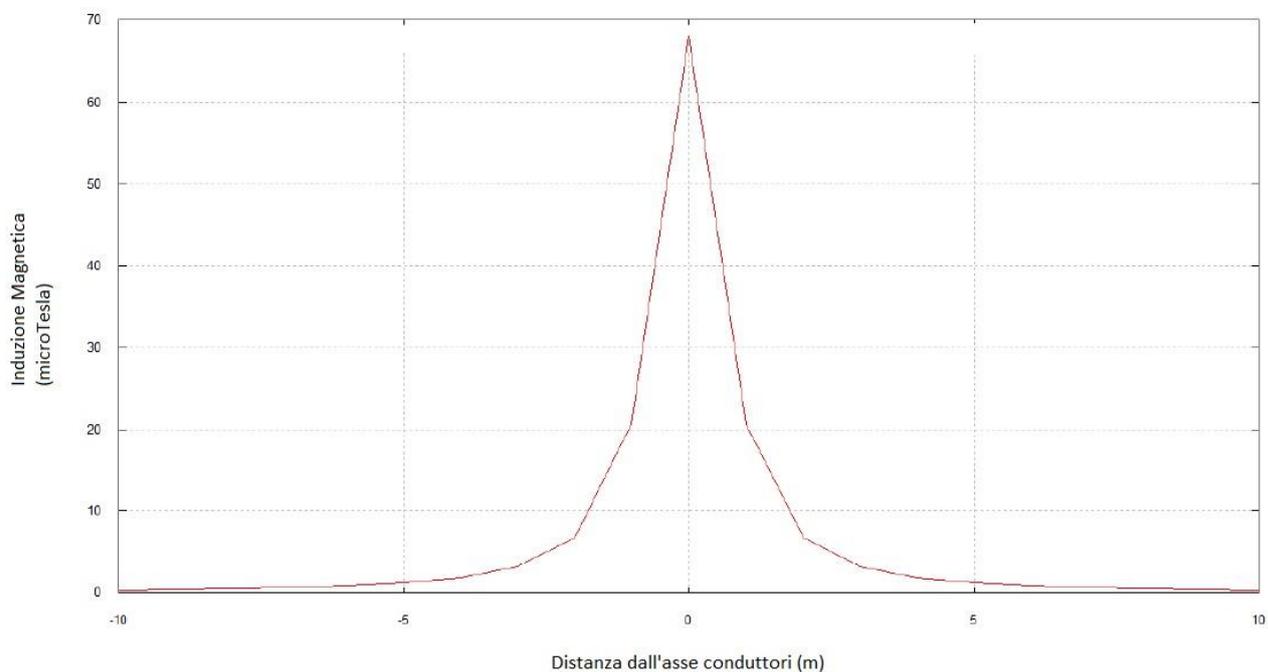
Di seguito i risultati ottenuti dalla simulazione S2 cavidotto MT



Distanza dai cavi [m] Altezza conduttori [μT]

-10	0.14
-9	0.17
-8	0.22
-7	0.29
-6	0.39
-5	0.56
-4	0.87
-3	1.55
-2	3.48
-1	13.59
0	149.8
1	13.23
2	3.43
3	1.54
4	0.87
5	0.56
6	0.39
7	0.28
8	0.22
9	0.17
10	0.14

Di seguito i risultati ottenuti dalla simulazione S3 cavidotto AT



<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Induzione Magnetica [μT]</i>
-10	.3
-9	.37
-8	.46
-7	.61
-6	.82
-5	1.18
-4	1.82
-3	3.17
-2	6.74
-1	20.77
0	68.01
1	20.77
2	6.74
3	3.17
4	1.82
5	1.18
6	.82
7	.61
8	.46
9	.37
10	.3

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

8.2 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT ed AT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 15: Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco eolico.

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	6	5 (3x1x630) 1 (3x1x300)	Posa a trifoglio	30	3
S2	6	6 (3x1x630)	Posa a trifoglio	30	3
S3	1	3x1x1600	Posa a trifoglio	150	4

Le DPA sono state calcolate con una approssimazione non superiore al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008.

9. SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE UTENTE E COLLEGAMENTO AT ALLA RTN

Di seguito si prendono in esame le Sottostazioni Elettriche Utente (SSE AT e SSE AT/MT) per le quali valgono le stesse considerazioni. Il calcolo del campo elettrico e magnetico per una stazione elettrica 150/30 kV è stato effettuato sulle sbarre a 150 kV all'interno dell'area di stazione e sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT localizzati anch'essi all'interno della recinzione della stazione.

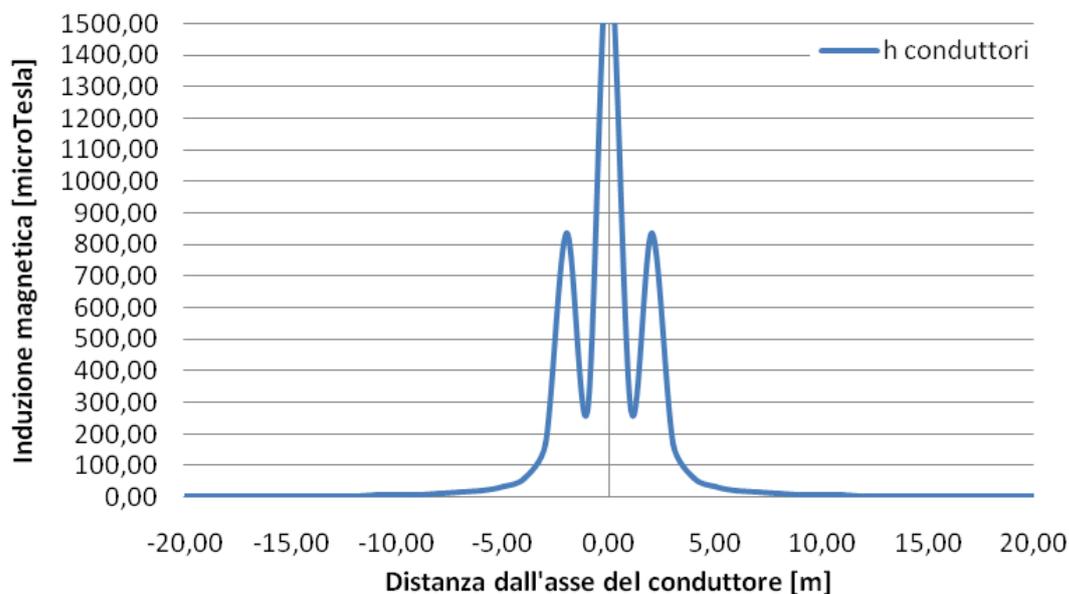
I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 150 kV risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 4.50 m;
- Distanza tra le sbarre: 2.20 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 30 kV risultano, invece, i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 1.60 m;
- Distanza tra le sbarre: 0.37 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V

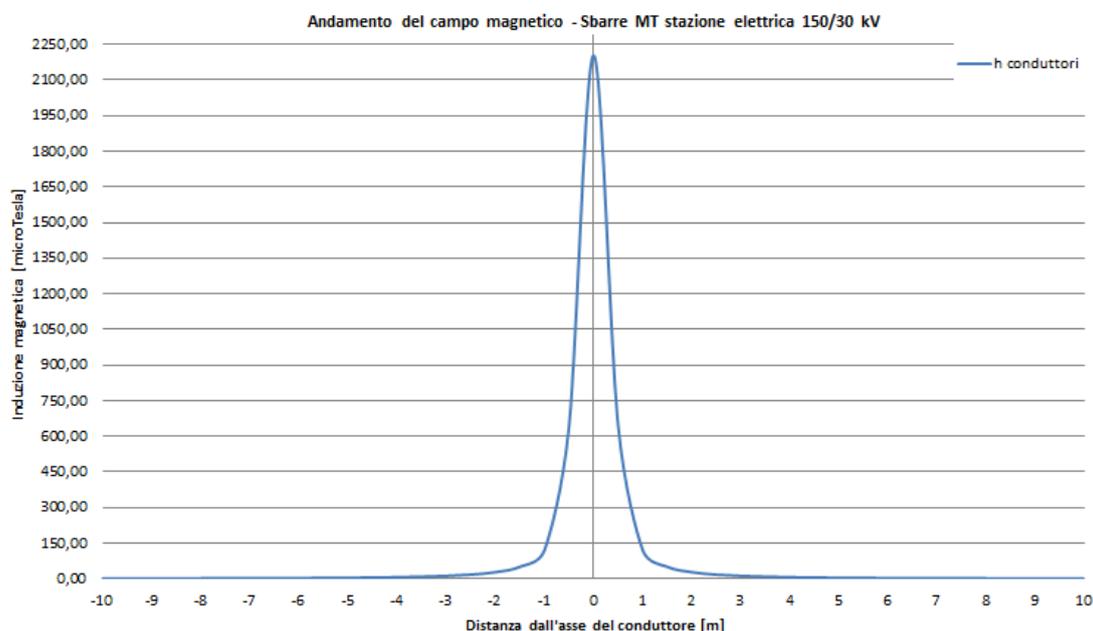
Andamento del campo magnetico - Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV



Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Valutazione Distanza di prima approssimazione			
Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μ T]	Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μ T]
-20	1,68	1	277,17
-19	1,87	2	835,8
-18	2,08	3	171,7
-17	2,34	4	62,23
-16	2,65	5	33,91
-15	2,96	6	21,74
-14	3,48	7	15,26
-13	4,06	8	11,35
-12	4,79	9	8,79
-11	5,75	10	7,02
-10	7,02	11	5,75
-9	8,79	12	4,79
-8	11,35	13	4,06
-7	15,26	14	3,48
-6	21,74	15	2,96
-5	33,91	16	2,65
-4	62,23	17	2,34
-3	171,7	18	2,08
-2	835,8	19	1,87
-1	277,17	20	1,68
0	1741,79		

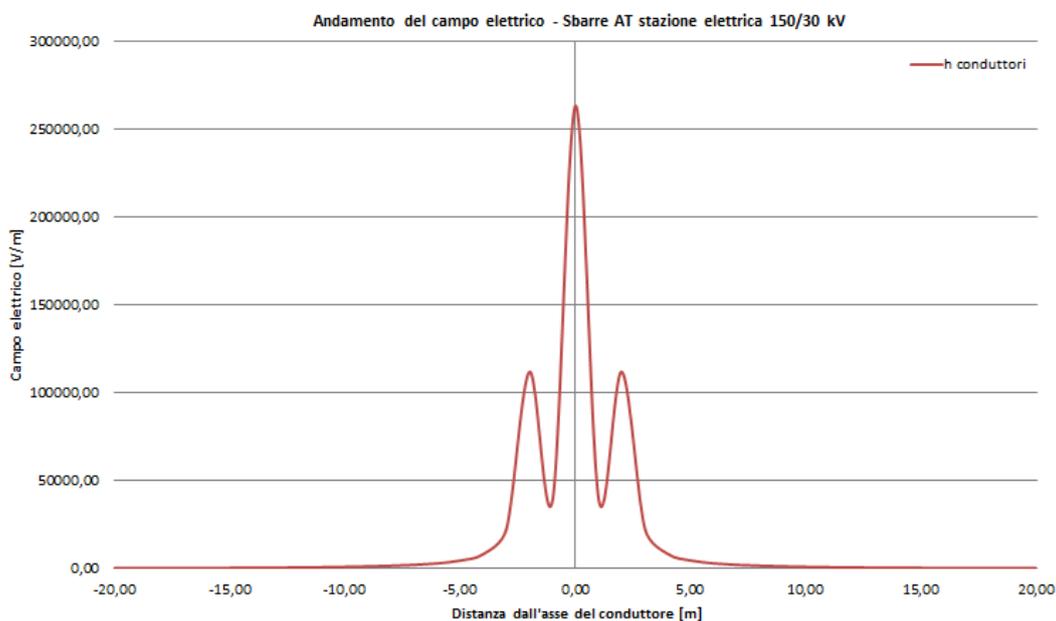
Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall’asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre AT
stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.



Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall’asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT
stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [μT]
	Altezza conduttori
-10,00	1,10
-9,00	1,36
-8,00	1,72
-7,00	2,25
-6,00	3,07
-5,00	4,42
-4,00	6,93
-3,00	12,37
-2,00	28,20
-1,00	121,25
0,00	2203,17
1,00	121,25
2,00	28,20
3,00	12,37
4,00	6,93
5,00	4,42
6,00	3,07
7,00	2,25
8,00	1,72
9,00	1,36
10,00	1,10

**Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori
in forma tabellare – Sbarre MT stazione elettrica 150/30 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

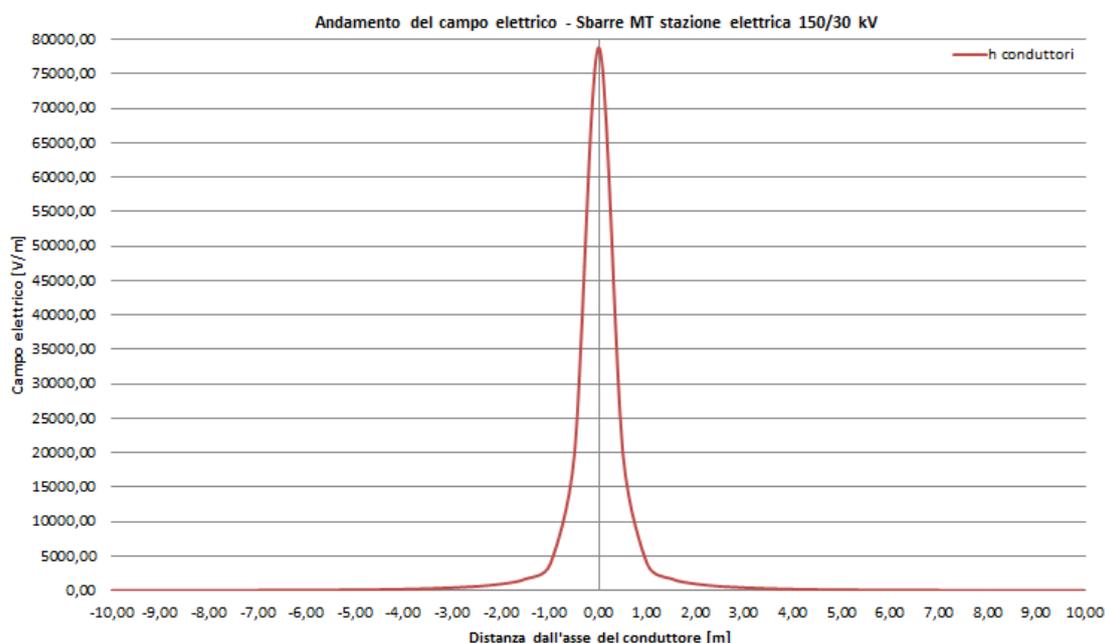


Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo elettrico [V/m]
	Altezza conduttori
0	263460,50
1	39261,50
2	112013,90
3	22797,40
4	8360,50
5	4645,20
6	3040,60
7	2173,40
8	1640,30
9	1283,90
10	1031,40
11	844,70
12	702,40
13	591,20
14	502,60
15	431,10
16	372,50
17	324,00
18	283,60
19	249,50
20	220,70

Andamento del campo elettrico in forma tabellare

Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.



Andamento del campo elettrico in forma grafica - Cabina MT in stazione elettrica 150/30 kV.

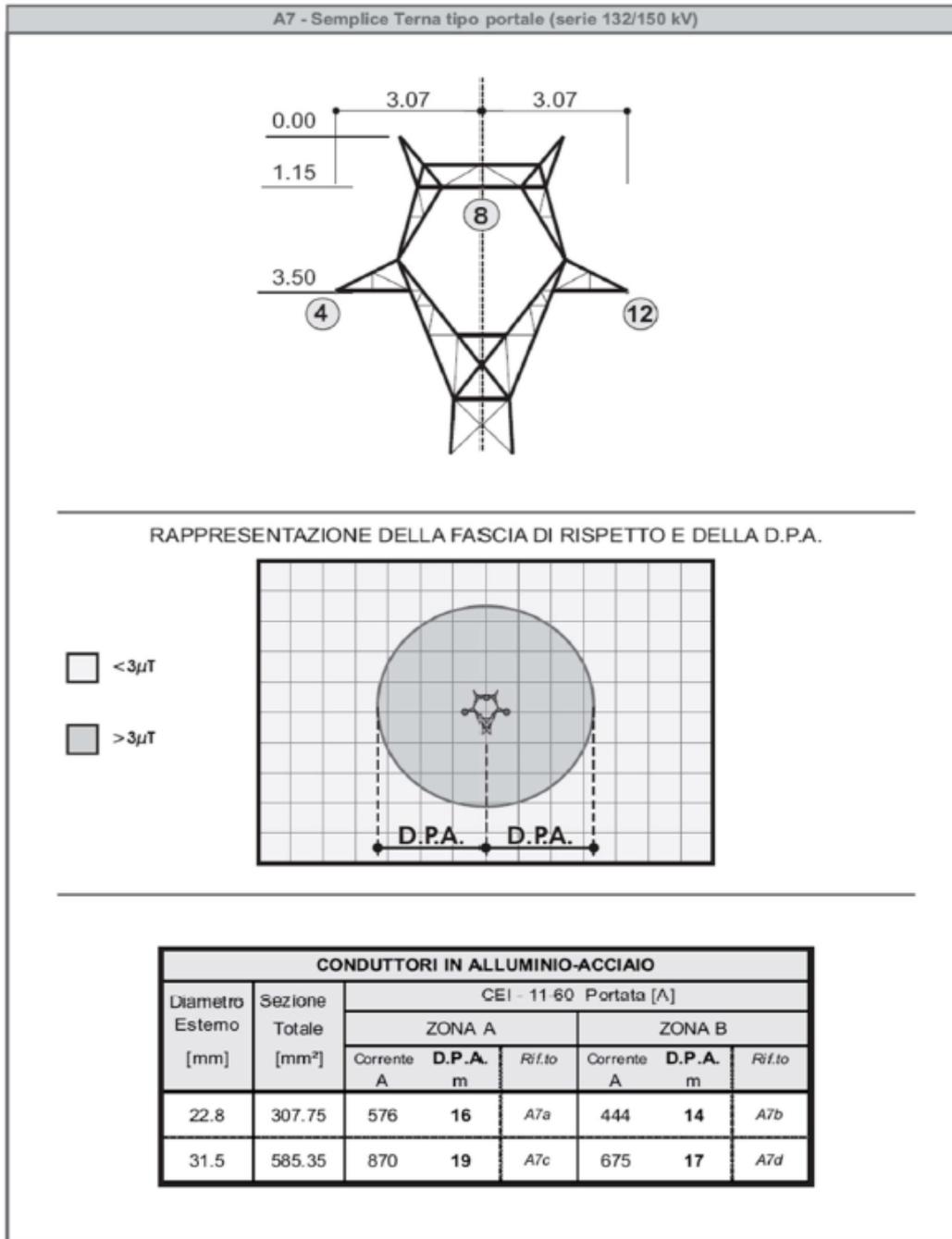
Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [μT]
	Altezza conduttori
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60
4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

Andamento del campo elettrico in forma tabellare

Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.

Per quanto riguarda la connessione alla RTN con soluzione aerea, il calcolo delle DPA è stato fatto in riferimento alla portata in corrente in servizio normale della linea ed in base ai

sostegni previsti in sottostazione. Di seguito si riporta i risultati di calcolo estratti dalle "Linea guida per applicazione del 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" E-Distribuzione"



Nella caso in esame si prende come riferimento conduttori da 31,5 mm/585,35 mmq corrente 870 A con DPA=19 m

PARCO EOLICO "SAN CASSANIELLO"	Relazione Impatto Elettromagnetico	EO-SFE-PD-SIA-18
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------

Come si evince dai risultati illustrati, i valori di campo magnetico ad altezza conduttori restano al di sotto dei 3 μT ad una distanza di circa 15 m dall'asse delle sbarre in AT e 7 m circa dal confine della cabina MT della stazione 150/30 kV.

Riguardo al campo elettrico, dai risultati delle simulazioni, si ottengono valori di intensità inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 5 m dalle sbarre/linee in AT ed 1 m da quelle in MT.

10. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

- Per le cabine MT/BT degli aerogeneratori, la distanza di prima approssimazione è di 8 m intorno alla cabina;
- Per i cavidotti MT del parco eolico sia per i cavidotti interni che per il cavidotto esterno la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per le Sottostazioni Elettriche Utente (SSE AT e SSE AT/MT) la distanza di prima approssimazione è stata valutata in ± 15 m per le sbarre in alta tensione (150 kV) e 7 m per le sbarre in media tensione (30 kV) della cabina utente;
- Per il cavidotto AT la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per il collegamento aereo AT di connessione alla RTN (collegamento tra SSE AT e SE RTN) la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 19 m rispetto all'asse dei conduttori e quindi del portale.

I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma (<5000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno delle cabine MT ed in generale nelle stazioni elettriche il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

All'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione dell'impianto eolico rispetta la normativa vigente.

