



VCC ORISTANO 2 Srl

REGIONE SARDEGNA
COMUNE DI SCANO DI MONTIFERRO (OR)



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI
POTENZA PARI A 75.000 kW
"Crastu Furones"

Valutazione di Impatto Ambientale artt.23-24-25 D.Lgs. 152/2006

REL.S.06

Elaborato di Progetto

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione campi elettrici e magnetici S/E di Consegna
RTN

Committente:
VCC Oristano 2 Srl
Via O.Ranelletti, 281 - 67043 - Celano (AQ)
P.IVA e C.F.: 01602470666
PEC: vcc.oristano.2.srl@pec.it

PROGETTO REDATTO DA: Gamma Srl

Progettisti:
Dott. Ing. Vincenzo Iuliani
Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma N. 17389

Prof. Ing. Marco Trapanese
Ordine degli ingegneri della Provincia di Palermo N. 6946

Data:
18/05/2022

Rev.00

SCALA -



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

**Parco Eolico Castru Furones
Progetto Definitivo
(Identificativo CRA-R-REL.S.06)**

REV.0

2

Indice generale

Introduzione	3
Riferimenti legislativi, normativi e tecnici	3
Limiti di esposizione ed obiettivi di qualità	3
Caratteristiche dell'impianto	4
Calcolo del campo magnetico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico	5
Calcolo del campo elettrico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico	8
Conclusioni	10



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

3

Introduzione

Il presente documento ha lo scopo di esaminare i campi elettrici e magnetici generati dalla stazione elettrica di consegna per il parco eolico "Castru Furones", con riferimento ai limiti previsti dalla legislazione vigente ed alle norme tecniche, per l'esposizione del pubblico e dei lavoratori.

Riferimenti legislativi, normativi e tecnici

- [1] DPCM 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"
- [2] D. Lgs. 159/2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE"
- [3] Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- [4] ICNIRP Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1hz – 100 Khz)
- [5] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" – Novembre 2008
- [6] Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" - Giugno 2002
- [6] Doc. ENEL "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"
- [7] Doc. Terna UX LAE 08 "Caratteristiche generali delle linee elettriche aeree facenti parte della RTN"
- [8] Doc. Terna allegato A.3 al codice di trasmissione "Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN" – rev. 02 del maggio 2015
- [9] Raccomandazione 1999/519/CE: "Raccomandazione del Consiglio, del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz"
- [10] Norma CEI EN 50499 "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici", Novembre 2009.

Limiti di esposizione ed obiettivi di qualità

La legislazione nazionale ed europea [1][2] prescrivono limiti di esposizione per il pubblico e per i lavoratori ed obiettivi di qualità da rispettare verso recettori sensibili.

Tali limiti sono formulati secondo principi di cautela crescenti e risultano cautelativi rispetto a quanto raccomandato dagli enti scientifici internazionali [4].



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

4

Per praticità, i limiti e le raccomandazioni sono riportati nelle seguenti tabelle 1 e 2, che evidenziano come l'obiettivo di qualità per il campo magnetico previsto dalla legislazione nazionale sia improntato alla massima cautela, essendo rispettivamente 33 e 66 volte inferiore rispetto alle raccomandazioni della comunità europea e dell'ICNIRP.

Tabella 1: Raccomandazioni e limiti di esposizione per campi elettrici e magnetici a 50 Hz per i lavoratori

Fonte	Limite di esposizione campo elettrico	Limite di esposizione campo magnetico
Linee guida ICNIRP	10 kV/m	1000 μ T
D. Lgs. 159/2016(*)	10 kV/m (VA inferiore)	1000 μ T

(*) il D. Lgs. 159/2016 [2] modifica le prescrizioni del D. Lgs. 81/08 [3]

Tabella 2: Raccomandazioni e limiti di esposizione per campi elettrici e magnetici a 50 Hz per la popolazione

Fonte	Limite di esposizione campo elettrico	Limite di esposizione campo magnetico	Obiettivo di qualità campo magnetico
Linee guida ICNIRP	5 kV/m	200 μ T (*)	
Racc. 1999/519/CE	5 kV /m	100 μ T (*)	
DPCM 8 Luglio 2003	5 kV/m	100 μ T	3 μ T

(*) la linea guida ICNIRP [4] e la raccomandazione 1999/519/CE non riportano distinzioni tra limiti di esposizione ed obiettivi di qualità per il campo elettromagnetico

Caratteristiche dell'impianto

La stazione di connessione per il parco eolico Crastu Furones è costituita da una Stazione di smistamento, in doppia sbarra a 220 kV, con sbarre ed apparecchiature isolate in aria, le cui caratteristiche principali sono riportate nel seguito:

- tensione nominale di esercizio 220 kV
- tensione massima di esercizio 245 kV
- corrente nominale cto-cto 50 kA
- corrente massima stalli linea aerea 2000 A
- corrente massima stallo linea in cavo utente 250 A
- corrente nominale parallelo sbarre AT 2000 A
- corrente nominale sbarre AT 3150 A

La corrente massima dello stallo linea in cavo utente è limitata dalla corrente nominale della trasformazione 220/36 kV di utente pari a 250 A (corrispondenti a 100 MVA a 230 kV). Si assume pertanto il valore di 250 A per la verifica del campo magnetico per lo stallo linea in cavo utente.



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

5

Per la corrente nominale degli stalli linea e parallelo, definite nell'allegato A.3 al codice di rete Terna; tenendo conto delle possibili espansioni dell'impianto, si assume il valore di 2000 A per la verifica del campo magnetico generato.

La corrente nominale delle sbarre AT è definita nell'allegato A.3 al codice di rete Terna; tenendo conto delle possibili espansioni dell'impianto, si assume il valore di 3150 A per la verifica del campo magnetico generato dalle sbarre AT.

Ai fini del calcolo del campo elettrico, si assume il valore della massima tensione di esercizio $U_m=245$ kV.

Calcolo del campo magnetico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico

Il calcolo del campo di induzione magnetica è effettuato seguendo la metodologia riportata nella norma tecnica CEI 211-4; tale metodologia è stata implementata in un ambiente di calcolo *GNU General Public License*.

Ai fini della verifica dell'esposizione del pubblico e dei lavoratori, l'altezza di calcolo è stata impostata a 1.5 m dal terreno.

Per quanto riguarda gli **stalli linea**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 5.3 m l'altezza rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo ed un. interasse conduttori 3,2 m, attraversato dalla corrente di 2000 A.

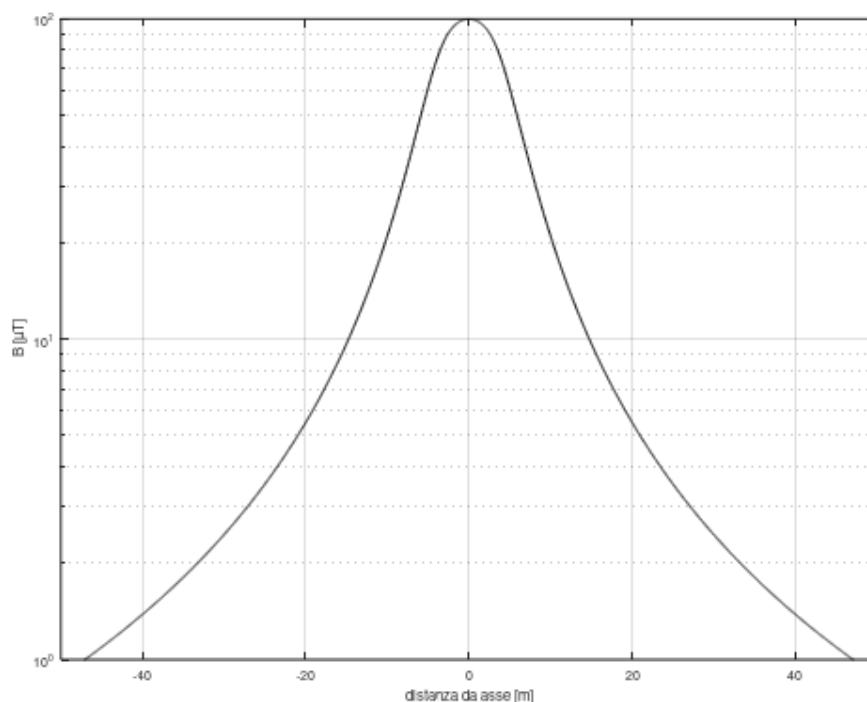


figura 1- profilo del campo di induzione magnetica generato dallo stallo linea aerea (altezza conduttori 5,3 m, interasse fasi 3,2 m), attraversato dalla corrente di 2000 A.



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

6

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è pari a $100 \mu\text{T}$, valore inferiore di un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente ($1000 \mu\text{T}$ in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di $100 \mu\text{T}$, corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] è raggiunto, solo in corrispondenza dell'asse stallo dove non è ammessa la presenza del pubblico, in tutti gli altri punti risulta inferiore al limite, garantendo il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di $3 \mu\text{T}$, corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra alla distanza di 23 m a partire dall'asse dello stallo.

Per quanto riguarda lo **stallo utente**, essendo attraversato da correnti inferiori rispetto agli stalli linea sopra descritti, possono essere cautelativamente assunti i medesimi risultati.

Per quanto riguarda lo **stallo parallelo sbarre**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 5.3 m l'altezza rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo, ed un interasse delle fasi di 3,2 m, attraversati dalla corrente di 2000 A

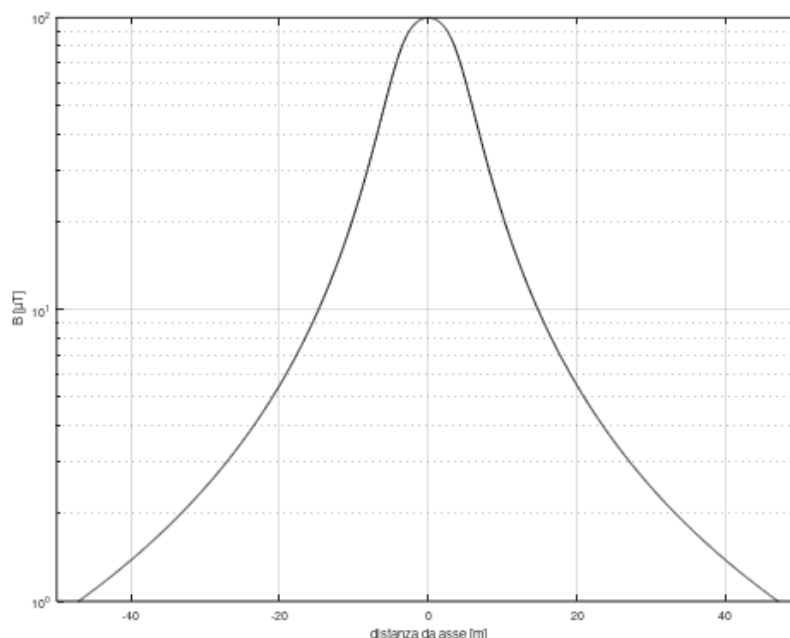


figura2 - profilo del campo di induzione magnetica generato dallo stallo parallelo sbarre (altezza conduttori 5,3 m, interasse fasi 3,2 m), attraversato dalla corrente di 2000 A.



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

7

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è pari a $100 \mu\text{T}$, valore inferiore di un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente ($1000 \mu\text{T}$ in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di $100 \mu\text{T}$, corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] è raggiunto solo in corrispondenza della mezzeria dello stallo dove non è ammessa la presenza del pubblico, in tutti gli altri punti risulta inferiore al limite, garantendo il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di $3 \mu\text{T}$, corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra alla distanza di 23 m a partire dall'asse dello stallo.

Per quanto riguarda **le sbarre AT**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 9.3 m l'altezza rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo, interasse fasi pari a 3,2 m attraversate dalla corrente massima di 3150 A

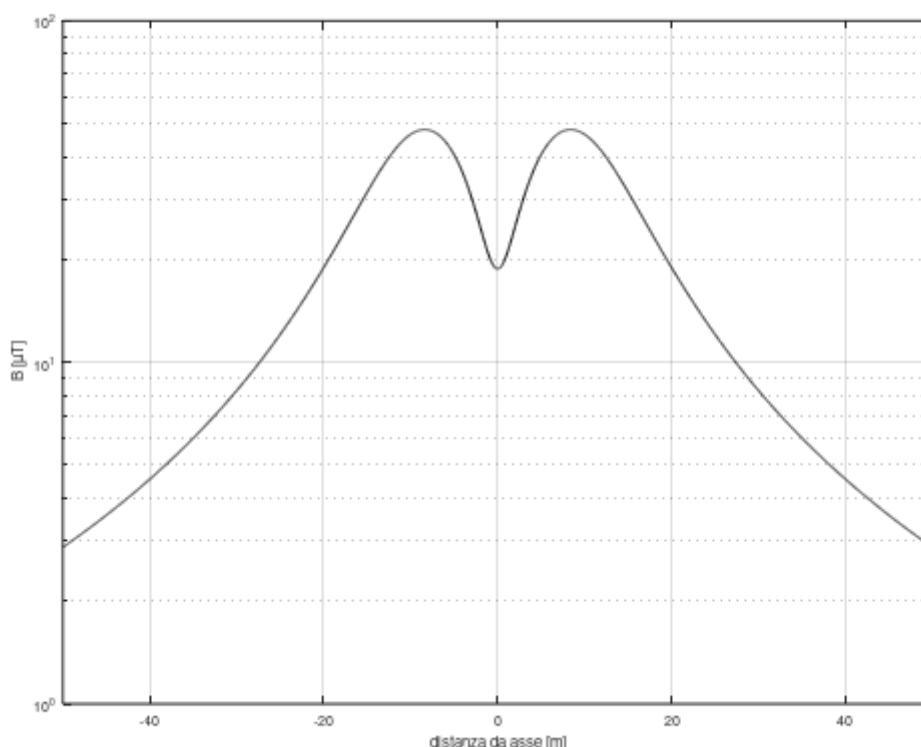


Figura3 - profilo del campo di induzione magnetica generato dalle sbarre in aria, (altezza delle sbarre pari a 9,3 m, interasse fasi pari a 3,2 m) attraversate dalla corrente massima di 3150 A



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

8

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è pari a 50 μT , valore inferiore di oltre un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente (1000 μT in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di 100 μT , corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di 3 μT , corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra a 43 m a partire dall'asse delle sbarre.

Calcolo del campo elettrico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico

Il calcolo del campo elettrico è effettuato seguendo la metodologia riportata nella norma tecnica CEI 211-4; tale metodologia è stata implementata in un ambiente di calcolo GNU *General Public License*.

Ai fini della verifica dell'esposizione del pubblico e dei lavoratori, l'altezza di calcolo è stata impostata a 1,5 m dal terreno.

Per quanto riguarda gli **stalli linea**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 5,3 m l'altezza del conduttore rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo, l'utilizzo di due conduttori di alluminio di diametro 36 mm, interasse tra le fasi di 3,2 m.

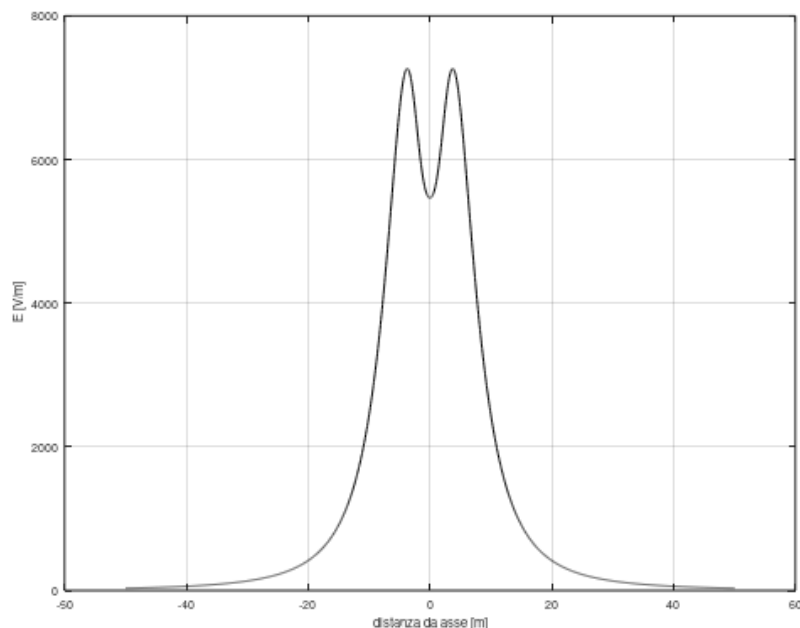


figura 4 - profilo dell'intensità del campo elettrico generato dallo stallo alla massima tensione di esercizio 245 kV .lungo una sezione trasversale dello stallo



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

9

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai, con un ampio limite di sicurezza, il valore prescritto per l'esposizione dei lavoratori di 10 kV/m [2] [3], in ogni punto esterno ed interno alla stazione.
- Il valore massimo per l'esposizione del pubblico di 5 kV/m [1], viene raggiunto ad una distanza di circa 8 m dall'asse dello stallo; ne consegue che il valore di soglia è rispettato in qualunque punto esterno alla stazione elettrica.

Per quanto riguarda lo **stallo parallelo sbarre**, l'altezza dei conduttori rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo è stata considerata pari a 5,3 m, utilizzo di due conduttori di alluminio di diametro 36 mm, interasse tra le fasi di 3,2 m.

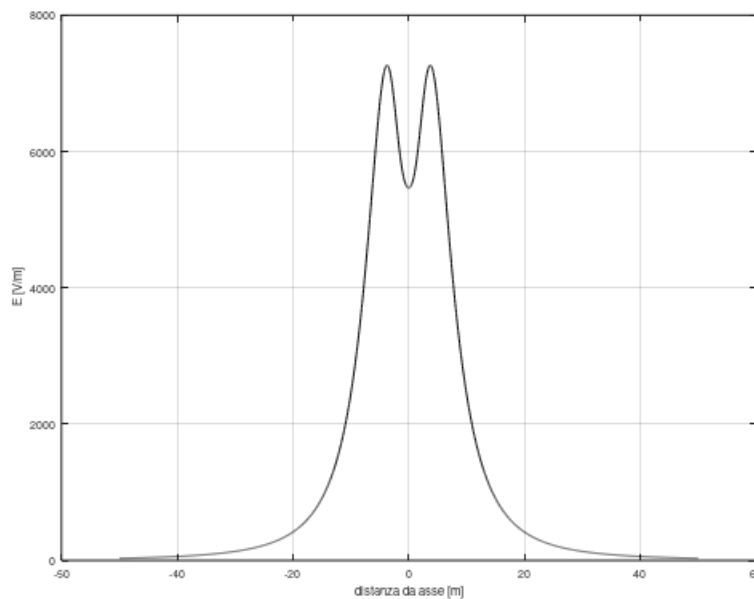


figura 5 - profilo dell'intensità del campo elettrico generato dallo stallo parallelo sbarre alla massima tensione di esercizio 245 kV lungo una sezione trasversale dello stallo

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai, con un ampio limite di sicurezza, il valore prescritto per l'esposizione dei lavoratori di 10 kV/m [2] [3], in ogni punto esterno ed interno alla stazione.
- Il valore massimo per l'esposizione del pubblico di 5 kV/m [1], viene raggiunto ad una distanza di circa 8 m dall'asse dello stallo; ne consegue che il valore di soglia è rispettato in qualunque punto esterno alla stazione elettrica.

Per quanto riguarda il **sistema a doppia sbarra** (passo sbarra 14 m), l'altezza dei conduttori è stata considerata pari a 9,3 m dal suolo, conduttori tubolari di alluminio di diametro 150 mm, interasse tra le fasi di 3,2 m.

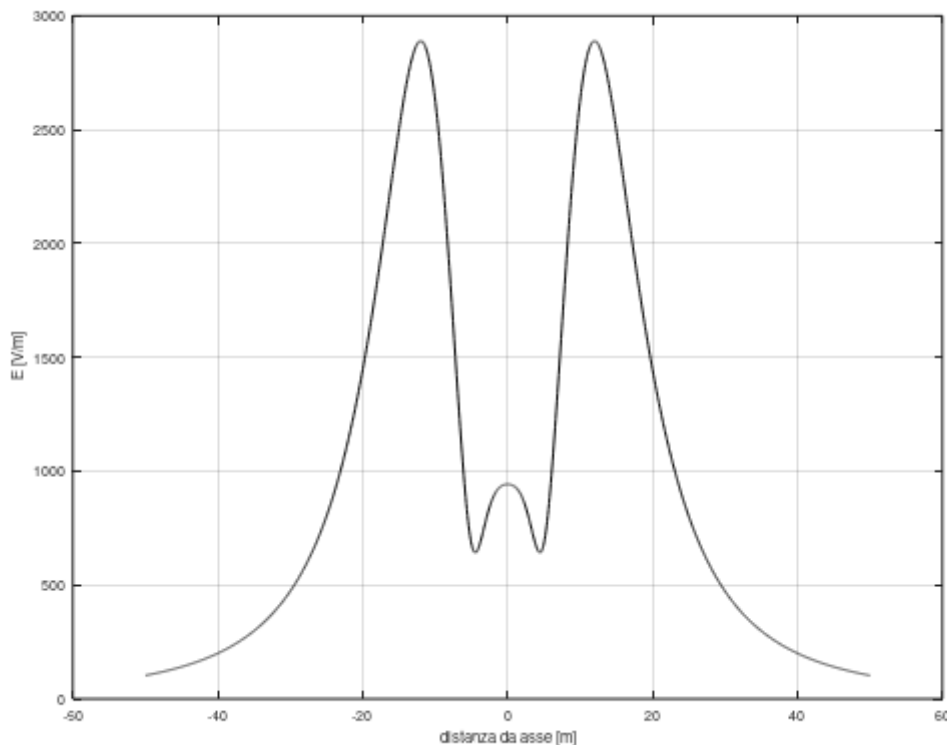


figura 6 - profilo del campo elettrico generato dal sistema in doppia sbarra, alla massima tensione di esercizio 245 kV lungo una sezione trasversale del sistema a doppia sbarra.

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai né il valore prescritto per il pubblico di 5 kV/m [1], né il valore massimo per l'esposizione dei lavoratori (10 kV/m) [2][3], in ogni punto esterno ed interno alla stazione.

Conclusioni

Per mezzo della metodologia prescritta dalle normative tecniche di riferimento [5], e sulla base delle caratteristiche dei componenti di linea [7] e stazione [8], sono stati calcolati i campi elettromagnetici relativi alla nuova stazione di connessione per il parco eolico Crasu Furones.

I risultati della verifica evidenziano il rispetto dei limiti di esposizione per i lavoratori ed il pubblico, nonché degli obiettivi di qualità prescritti dalla legislazione vigente:

- **I limiti di esposizione (VA inferiori) per i lavoratori** previsti dalla legislazione vigente [2],[3] (10 kV/m per il campo elettrico e 1000 μ T per il campo magnetico) **sono rispettati in ogni punto interno ed esterno alla stazione elettrica, con ampio margine di sicurezza.**



Via O. Ranalletti 281 - 67043 -
Celano (AQ) - tel.: 0863.1870710

Parco Eolico Castru Furones Progetto Definitivo (Identificativo CRA-R-REL.S.06)

REV.0

11

- **I limiti di esposizione prescritti per il pubblico** dalla legislazione vigente [1] di 5 kV/m e 100 μ T **sono rispettati in ogni punto esterno alla stazione, con ampio margine di sicurezza.** In particolare, il limite di esposizione per il pubblico al campo elettrico viene raggiunto ad una distanza di 8 m dall'asse degli stalli (linea, utente e parallelo sbarre), mentre il limite di esposizione per il pubblico al campo magnetico è rispettato in ogni punto interno ed esterno della stazione.
- Il valore dell'obiettivo di qualità per il campo magnetico [1] , pari a 3 μ T, viene raggiunto a distanza di circa 43 m dall'asse delle sbarre e di 23 m dall'asse dello stallo parallelo e degli stalli linea, distanze entro la quale non sono presenti recettori.
- La distanza di prima approssimazione (**DPA**) del collegamento in cavo della stazione di utente è pari a +/- 1.65 m dall'asse del cavidotto, distanza entro la quale non sono presenti recettori.