



**VCC Scano Sindia Srl**



**REGIONE SARDEGNA**

**COMUNE DI SCANO DI MONTIFERRO (OR)**

**COMUNE DI SINDIA (NU)**



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI  
POTENZA PARI A 336.000 kW CON SISTEMA DI ACCUMULO  
DA 49.000 kW**

**"Scano - Sindia"**

Provvedimento unico ambientale ex art.27 D.Lgs. 152/2006  
Valutazione di Impatto Ambientale artt.23-24-25 D.Lgs. 152/2006

**REL.S.04**

Elaborato di Progetto  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**ANALISI DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STAZIONE DI  
TRASFORMAZIONE**

Committente:  
VCC Scano Sindia Srl  
Via O.Ranelletti, 271 - 67043 - Celano (AQ)  
P.IVA e C.F.: 02097190660  
PEC: vccscanosindia@legalmail.it

PROGETTO REDATTO DA: VCC Trapani 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:  
25/05/2022

Rev.00

**SCALA -**



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

**PARCO EOLICO SCANO SINDIA**  
**Progetto Definitivo**  
**(Identificativo SIN-R-REL.S.04)**

Rev. 00

Pag. 1

## Sommario

1. Introduzione.....	2
2. Riferimenti legislativi, normativi e tecnici .....	2
3. Limiti di esposizione ed obiettivi di qualità.....	3
4. Caratteristiche dell'impianto .....	3
5. Calcolo del campo magnetico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico .....	4
6. Calcolo del campo elettrico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico.....	6
7. Conclusioni.....	8



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

**PARCO EOLICO SCANO SINDIA**  
**Progetto Definitivo**  
**(Identificativo SIN-R-REL.S.04)**

Rev. 00

Pag. 2

## 1. Introduzione

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

## 2. 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.



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

**PARCO EOLICO SCANO SINDIA**  
**Progetto Definitivo**  
**(Identificativo SIN-R-REL.S.04)**

Rev. 00

Pag. 3

### 3. 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].

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 $\mu$ T
D. Lgs. 159/2016(*)	10 kV/m (VA inferiore)	1000 $\mu$ 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 $\mu$ T (*)	
Racc. 1999/519/CE	5 kV /m	100 $\mu$ T (*)	
DPCM 8 Luglio 2003	5 kV/m	100 $\mu$ T	3 $\mu$ 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

### 4. Caratteristiche dell'impianto

La stazione di trasformazione per il parco eolico Scano Sindia è costituita da una sezione in singola sbarra a 420 kV, con sbarre ed apparecchiature in aria (AIS) realizzati secondo le norme della serie CEI EN 62271, le cui caratteristiche principali sono riportate nel seguito:

- tensione nominale 380 kV
- tensione di esercizio 400 kV
- tensione massima di esercizio 420 kV



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

**PARCO EOLICO SCANO SINDIA**  
**Progetto Definitivo**  
**(Identificativo SIN-R-REL.S.04)**

Rev. 00

Pag. 4

- corrente di interruzione nominale cto-cto 50 kA
- corrente massima stalli trasformatore 363 A
- corrente massima stallo linea in cavo utente 725 A
- corrente nominale sbarre AT 4000 A <sup>(1)</sup>

La corrente massima dello stallo linea in cavo è limitata dalla corrente nominale del macchinario di trasformazione installato e dalla portata del collegamento in cavo (cavo isolato in XLPE, con conduttore in alluminio da 1000 mm<sup>2</sup>, con posa a trifoglio stretto). Si assume pertanto il valore di 725 A per la verifica del campo magnetico per lo stallo linea.

La corrente massima degli stalli trasformatore è limitata dalla corrente nominale dei trasformatori stessi. Si assume pertanto il valore di 363 A per la verifica del campo magnetico per gli stalli trasformatore.

La corrente nominale delle sbarre AT è definita nell'allegato A.3 al codice di rete Terna; Tuttavia, vista la potenza connessa all'impianto di utenza ed i limiti della portata della linea in cavo, si assume il valore di 725 A per la verifica del campo magnetico generato dalle sbarre AT.

Ai fini del calcolo del campo elettrico, si assume il valore della tensione di esercizio  $U=400$  kV.

## **5. 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 m dal terreno.

Per quanto riguarda lo **stallo linea**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 6.5 m per gli stalli (altezza minima rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo).

la DPA risulta pari a **23 m** dall'asse dello stallo; la figura 1 sottostante riporta il profilo del campo di induzione magnetica generato da uno stallo linea aerea (altezza conduttori 6,5 m, interasse di 5,5 m), attraversato dalla corrente massima di 725 A.

---

<sup>1</sup> La corrente massima che può circolare sulle sbarre è limitata dalla corrente nominale della linea e dei trasformatori ed è pari a 725 A.

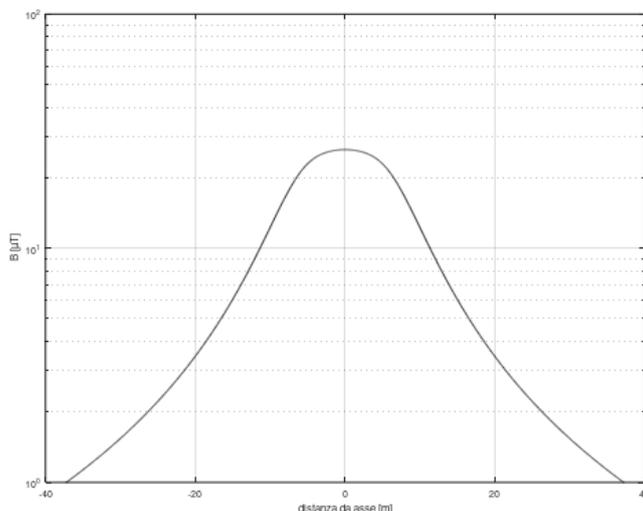


Figura 1: profilo di induzione magnetica generata dallo stallo linea ( $I = 725 \text{ A}$ ) lungo una sezione trasversale dello stesso (altezza di calcolo  $h=1 \text{ m}$ ).

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è inferiore a  $30 \mu\text{T}$ , valore inferiore di oltre 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] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine 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  $22.5 \text{ m}$  a partire dall'asse dello stallo.

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

Per quanto riguarda **le sbarre AT**, la DPA risulta pari a **23 m** dall'asse delle sbarre; la figura 2 sottostante riporta il profilo del campo di induzione magnetica generato dalle sbarre in aria, attraversate dalla corrente di  $725 \text{ A}$  (altezza delle sbarre pari a  $11,8 \text{ m}$ , interasse pari a  $5,5 \text{ m}$ ) corrispondente alla massima corrente che può interessare l'impianto.

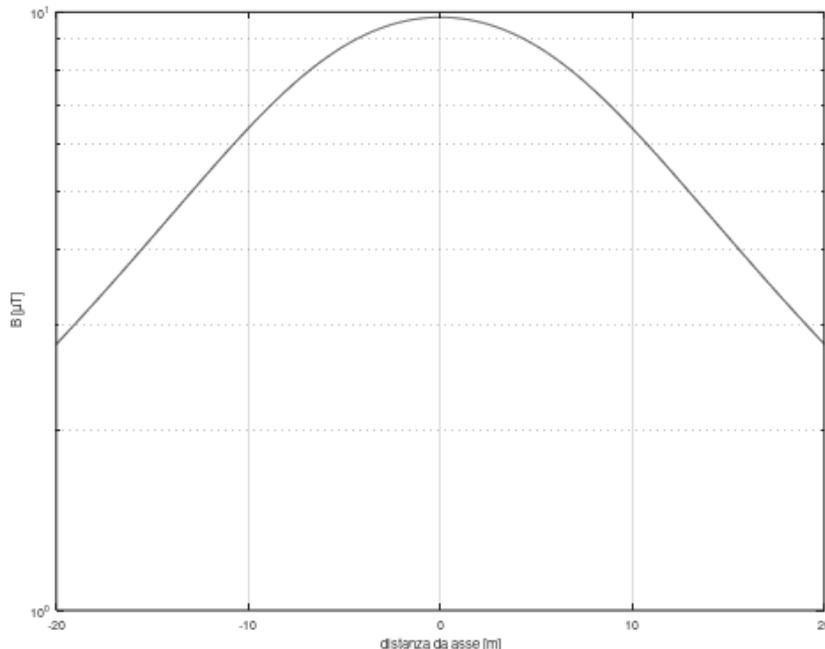


Figura 2: profilo di induzione magnetica generata dalle sbarre in aria ( $I = 725 \text{ A}$ ) lungo una sezione trasversale delle stesse.

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è inferiore a  $10 \mu\text{T}$ , valore inferiore di oltre due ordini 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] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine 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 a 19 m a partire dall'asse delle sbarre, ne consegue che il valore di soglia è rispettato in qualunque punto esterno alla stazione elettrica, non ponendo quindi problemi per l'esposizione del pubblico.

## 6. 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 e trasformatore**, la valutazione è effettuata nelle condizioni di minore altezza delle parti in tensione (6,5m) e l'utilizzo di conduttori tubolari di alluminio di diametro 100 mm, con interasse di 5,5 m. La figura 3 sottostante riporta il profilo del campo elettrico generato da tale porzione di stallo alla tensione di normale esercizio.

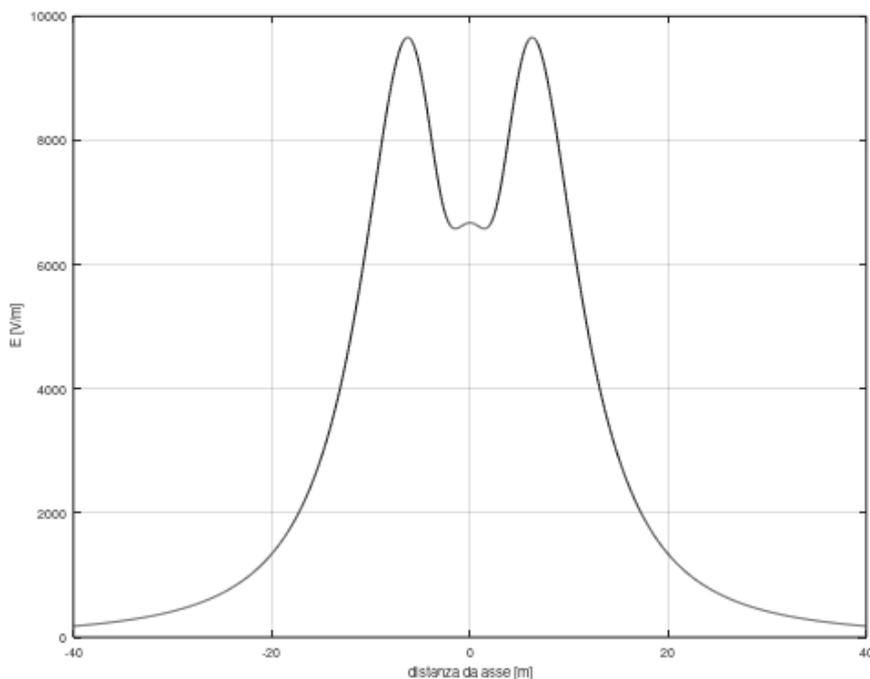


Figura 3 profilo del campo elettrico generato dagli stalli linea e trasformatore ( $U=400$  kV), lungo una sezione trasversale allo stallo stesso.

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai 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 15 m dall'asse dello stallo; ne consegue che il valore di soglia è rispettato in qualunque punto esterno alla stazione elettrica, non ponendo quindi problemi per l'esposizione del pubblico.

Per quanto riguarda le **sbarre**, la figura 4 sottostante riporta il profilo del campo elettrico generato dal sistema in singola sbarra, alla massima tensione di esercizio, calcolato

considerando l'altezza di 11.8 m del sistema di sbarre dal suolo, conduttori tubolari di alluminio di diametro 200 mm ad un interasse di 5,5 m.

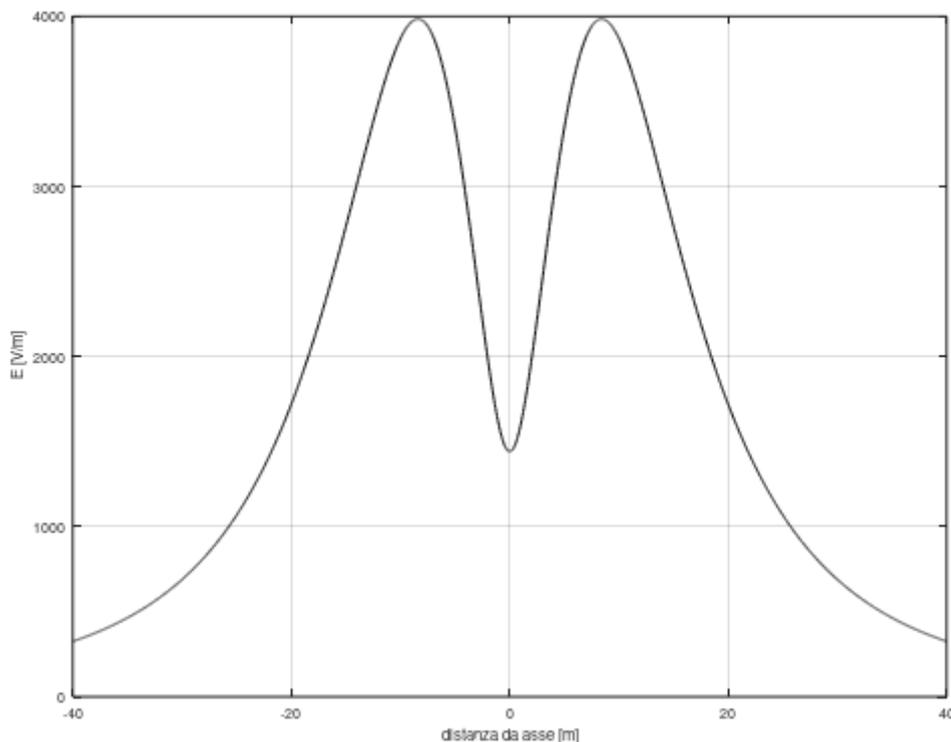


Figura 4: profilo del campo elettrico generato dal sistema di sbarre ( $U=400$  kV), lungo una sezione trasversale allo stallo stesso.

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.

## 7. 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 Scano Sindia.

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:



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

**PARCO EOLICO SCANO SINDIA**  
**Progetto Definitivo**  
**(Identificativo SIN-R-REL.S.04)**

Rev. 00

Pag. 9

- **I limiti di esposizione (VA inferiori) prescritti per i lavoratori** dalla legislazione vigente [2],[3] (10 kV/m per il campo elettrico e 1000  $\mu$ T per il campo magnetico) **sono rispettati** in ogni punto interno ed esterno alla stazione elettrica.
- **I limiti di esposizione prescritti per il pubblico** dalla legislazione vigente [1] (5 kV/m per il campo elettrico e 100  $\mu$ T per il campo magnetico) **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 è rispettato a partire da una distanza di 15 m dall'asse delle 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  $\mu$ T, viene raggiunto a distanza di circa 19 m dall'asse delle sbarre e di 22.5 m dall'asse degli stalli, distanza entro la quale non sono presenti recettori.
- La distanza di prima approssimazione (DPA) è pari a 23 m dall'asse delle sbarre e dall'asse degli stalli, distanze entro le quali non sono presenti recettori.

Come evidenziato nelle cartografie di progetto, stante le distanze di prima approssimazione sopra considerate, **nessun recettore è compreso all'interno delle DPA relative alla stazione elettrica di trasformazione del parco eolico Scano Sindia.**