

ESCALA Wind Srl

# Parco Eolico ESCALA sito nel Comune di Escalaplano

**OPERE RTN  
RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO  
ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA  
FASCIA DI RISPETTO**

[Febbraio 2023]

Regione Autonoma della Sardegna

Comune di Escalaplano



Committente:

**ESCALA Wind Srl**

**ESCALA Wind Srl**

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16181131000

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico ESCALA sito nel Comune di  
Escalaplano**

Documento:

**OPERE RTN  
RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE  
DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO  
E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO**

N° Documento:

**S288-CE01-R**

Progettista:



Amm. Francesco Di Maso

Ing. Luigi Malafarina

Ing. Pasquale Esposito

Ing. Nicola Galdiero



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Febbraio 2023	Prima emissione	INSE srl	F. Di Maso	Escala Wind srl

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTI 150kV E RACCORDI 150 kV</b> .....	<b>3</b>
2.1.1	CORRENTI DI CALCOLO .....	3
2.1.2	ANALISI CAMPO ELETTRICO .....	3
2.1.3	ANALISI DEL CAMPO MAGNETICO .....	6
2.1.4	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE .....	8
2.1.5	VALUTAZIONE DpA - ELETTRODOTTI 150kV E RACCORDI AEREI 150kV .....	8
<b>3</b>	<b>SE DI SMISTAMENTO 150KV</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>14</b>

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

## 1 PREMESSA

La società Escala Wind Srl è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Escalaplano in provincia di Sud Sardegna ed opere di connessione nel comune di Escalaplano (SU).

La società Terna ha rilasciato alla Società Escala Wind S.r.l. la “Soluzione Tecnica Minima Generale” Cod. Prat. 202100637 del 19.07.2021. Lo schema di allacciamento alla RTN prevede la connessione in antenna a 150 kV con una nuova SE di smistamento 150 kV RTN da inserire in entra-esce alla linea aerea 150 kV “Goni – Ulassai” da collegare tramite due nuovi elettrodotti 150 kV ad una nuova SE 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri – Selargius”.

Il progetto del collegamento elettrico del suddetto parco alla RTN prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- a) Rete in cavo interrato in MT a 30 kV dall’impianto di produzione alla stazione di trasformazione utente 30/150kV;
- b) stazione elettrica di trasformazione utente 30/150 kV di Escalaplano;
- c) Stazione elettrica di smistamento 150 kV di Escalaplano;
- d) cavidotto a 150 kV per il collegamento tra la SE trasformazione 30/150 kV e la SE di smistamento 150 kV;
- e) N.2 raccordi alla linea 150 kV “Goni – Ulassai”;
- f) N.2 elettrodotti aerei 150 kV per il collegamento tra la SE di smistamento e la nuova SE di trasformazione RTN 380/150 kV.

Le opere di cui ai punti a), b), e d) costituiscono opere di utenza del proponente. Le opere al punto c), e) ed f) costituiscono opere RTN.

La presente relazione descrive l’andamento dei campi elettrici e magnetici e calcola la fascia di rispetto delle opere di connessione della RTN, per quali sono stati redatti conseguentemente gli elaborati S288-CE02-D e S288-CE03-D.

## 2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del D.P.C.M. 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”, nonché

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

della “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, approvata con DM 29 maggio 2008. (Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160)

Per “**fasce di rispetto**” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

## 2.1 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTI 150kV E RACCORDI 150 kV

### 2.1.1 CORRENTI DI CALCOLO

Nel calcolo si è considerata la corrente corrispondente alla portata in servizio normale della linea pari a 870A come definito dalla norma CEI 11-60 e conformemente al disposto del D.P.C.M. 08/07/2003.

TENSIONE NOMINALE	PORTATA IN CORRENTE (A) DEL CONDUTTORE SECONDO CEI 11-60			
	ZONA A		ZONA B	
	PERIODO C	PERIODO F	PERIODO C	PERIODO F
150 kV	620	870	575	675

Gli elettrodotti interessati sono ubicati geograficamente in **zona A**.

### 2.1.2 ANALISI CAMPO ELETTRICO

Per il calcolo del campo elettrico è stato utilizzato il programma “EMF Vers 4.03”, sviluppato per TERNA, da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un’altezza dei conduttori dal suolo pari a 6,40 m, corrispondente cioè all’approssimazione per eccesso del valore indicato dal D.M. 1991 per le linee aeree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai

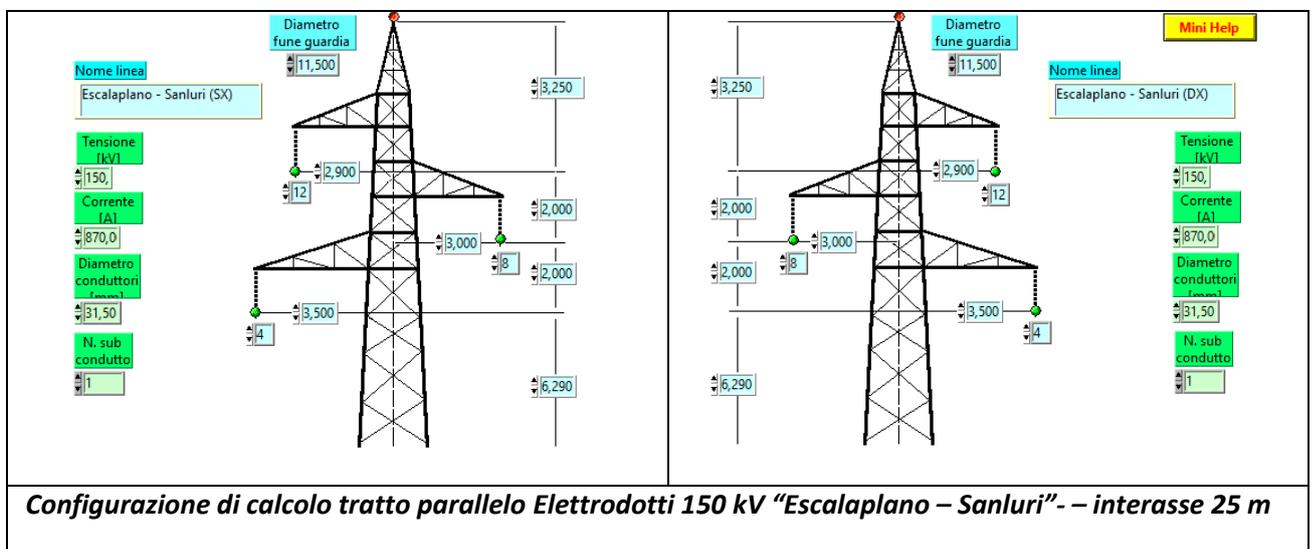
<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

sostegni, come da disegno schematico riportato nella figura seguente. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa.

**Si precisa, inoltre, che la tensione nominale per le varianti è assunta pari a 150kV mentre la tensione di esercizio è pari a 132kV.**

Per quanto sopra, le ipotesi di calcolo assunte risultano sempre conservative ai fini dei CEM.

La configurazione di calcolo per gli elettrodotti in progetto, i quali viaggiano per tutta la loro estensione in parallelo, posti ad una distanza di 25 m, è indicata nella figura seguente:



Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dalle linee ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

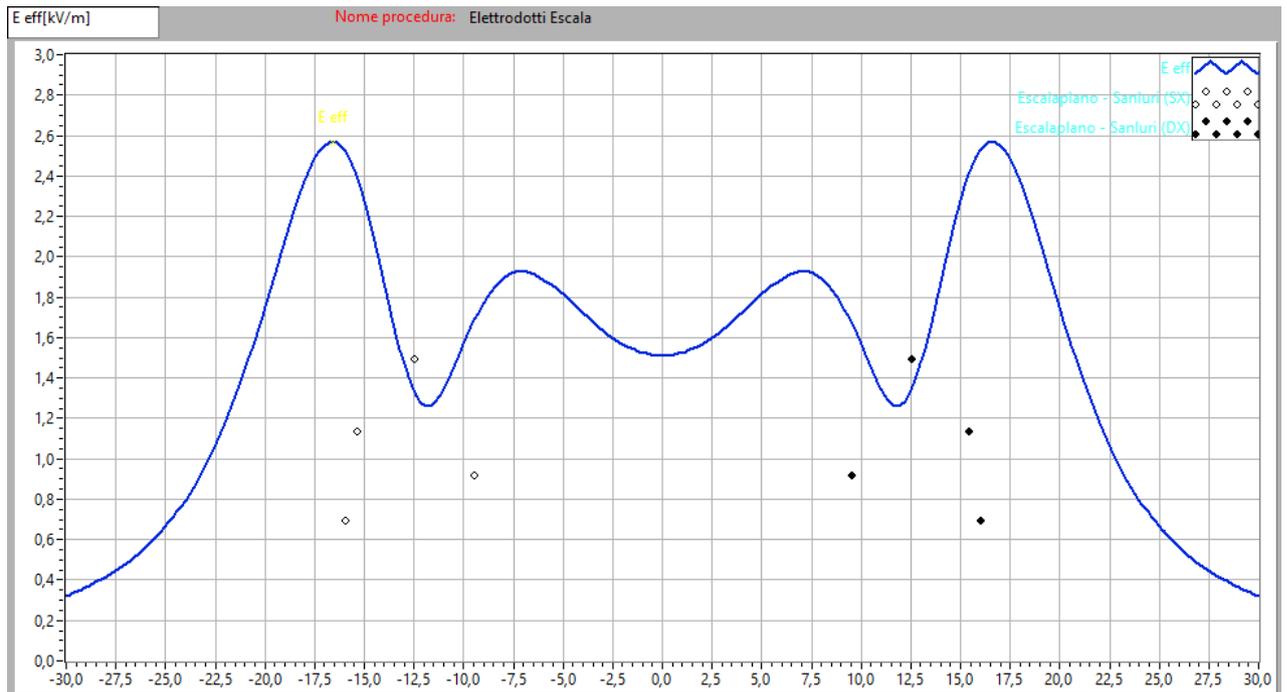
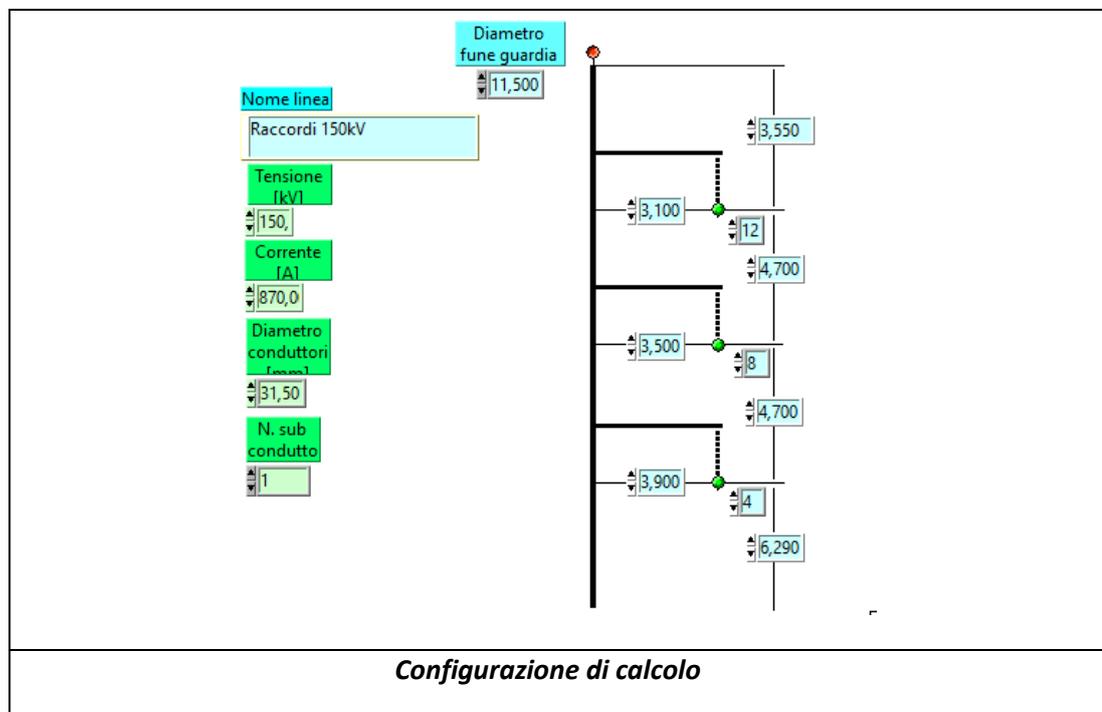


Figura 1. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodoti paralleli – 2,56 kV/m;

Per i raccordi alla linea esistente “Goni – Ulassai”, si riporta la configurazione di calcolo, che prevede la realizzazione di sostegni a bandiera in semplice terna alla tensione di 150 kV, come nella figura di seguito riportata.



<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

Nella figura seguente, è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dai nuovi raccordi aerei che collegano la SE di smistamento 150kV alla linea esistente “Goni – Ulassai”, alla tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un’altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

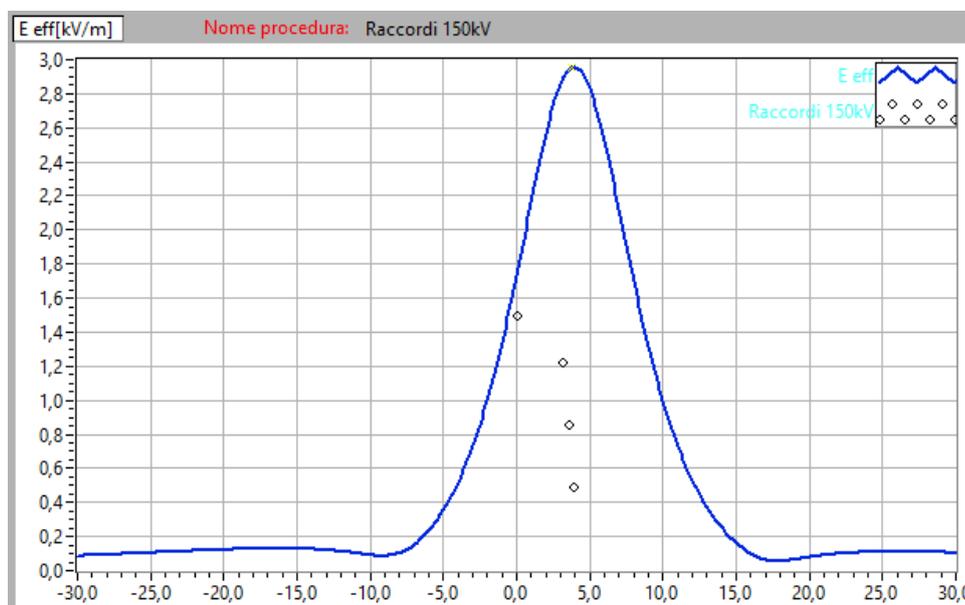


Figura 2. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m da terra generato dal singolo elettrodotto pari a 2,95 kV/m;

Come si può osservare, in entrambe le situazioni, il valore del campo elettrico è minore del limite di 5 kV/m imposto da normativa.

### 2.1.3 ANALISI DEL CAMPO MAGNETICO

Analogamente all’analisi del campo elettrico, tramite il programma “EMF Vers 4.03” è stato ricavato anche l’andamento del campo magnetico secondo la configurazione di calcolo degli elettrodotti e dei raccordi, descritta nel paragrafo 2.1.2, secondo la quale si riportano i profili laterali dell’induzione magnetica:

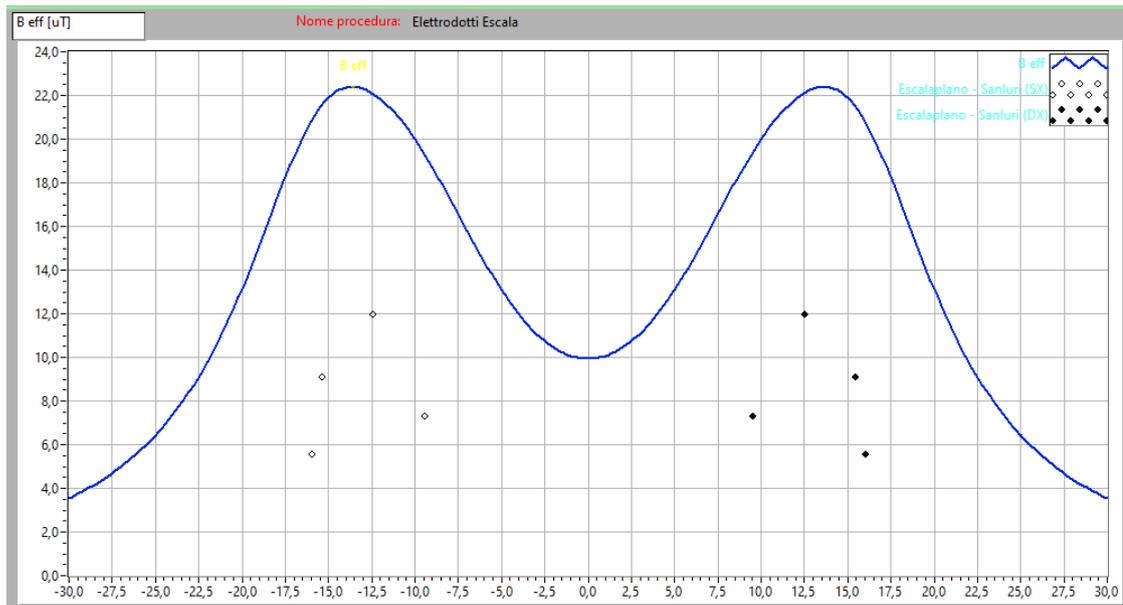


Figure 3. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotti paralleli  $-22,4 \mu\text{T}$

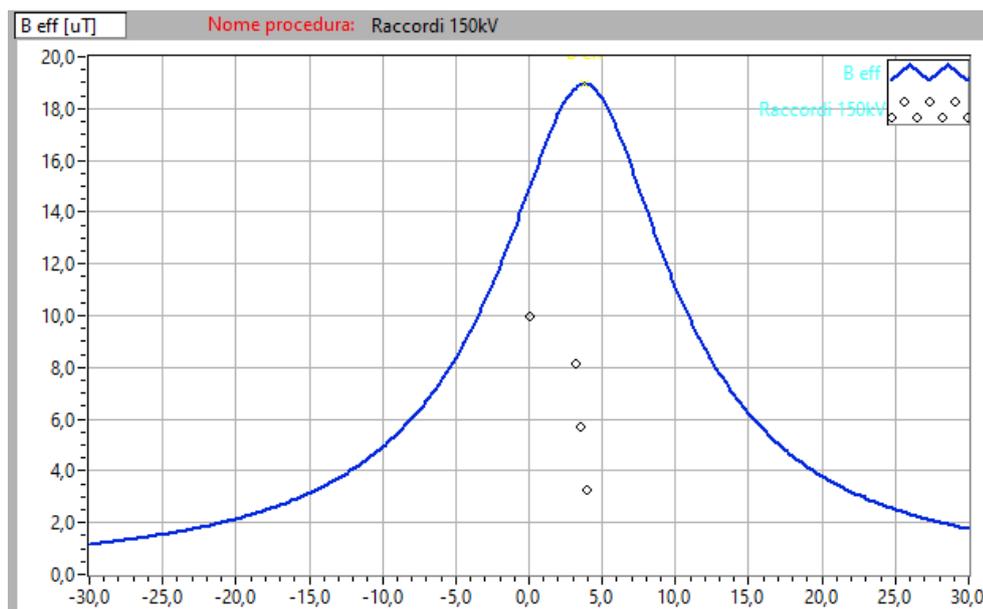


Figure 4. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra generato dai raccordi 150 kV  $-18,9 \mu\text{T}$

Come si può osservare, in entrambe le condizioni, il valore del campo magnetico è minore del limite di  $100 \mu\text{T}$  imposto da normativa.

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

#### 2.1.4 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la 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”.

Tale decreto prevede per il calcolo della DpA l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo.

#### 2.1.5 VALUTAZIONE DpA - ELETTRODOTTI 150kV E RACCORDI AEREI 150kV

Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione per gli elettrodotti in progetto tra la SE di smistamento 150 kV di Escalaplano e la SE RTN 380/150 kV di Sanluri e per i raccordi tra la SE Escalaplano 150 kV e la linea 150 kV esistente “Goni – Ulassai”, in condizione "imperturbata”.

La configurazione di calcolo è indicata nel paragrafo 2.1.2.

Di seguito si riportano le mappe colorate per gli elettrodotti in progetto e i raccordi, dalle quali è possibile ricavare il valore della DpA imperturbata generata dalle opere in progetto:

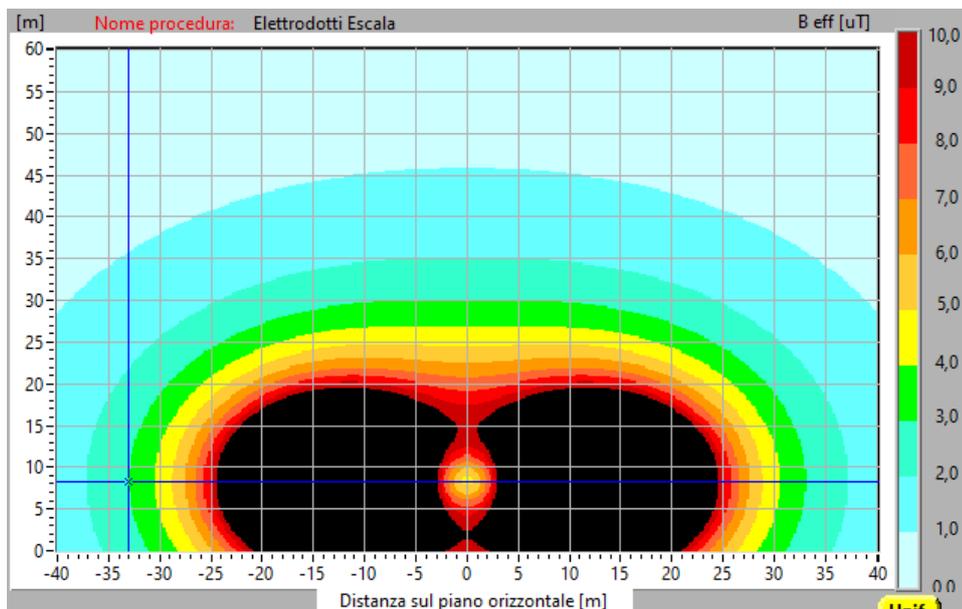


Figure 5. Max DpA= +/- 35 m dall'interasse delle due linee parallele calcolata a quota conduttori

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

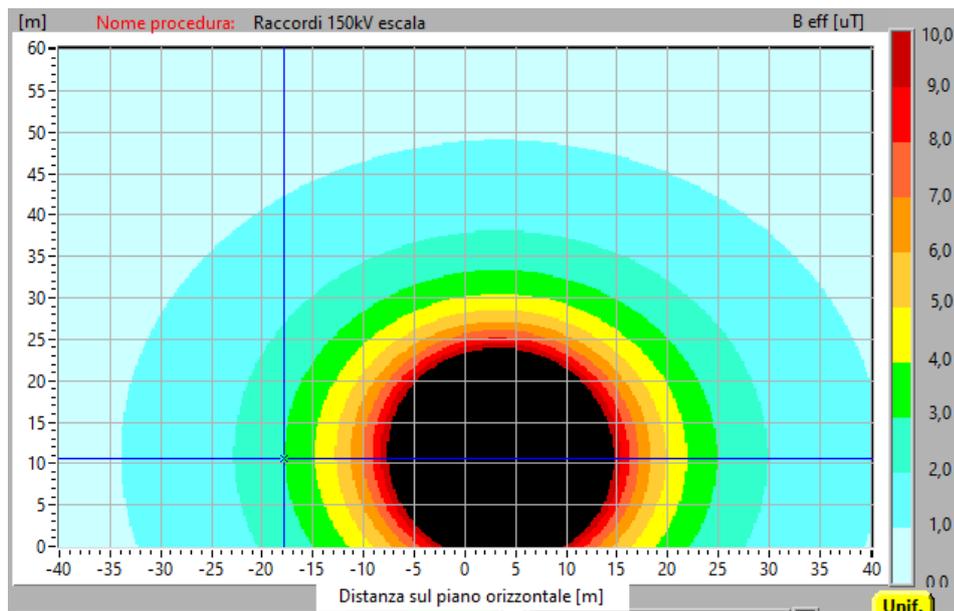


Figure 6. Max DpA= $\pm$ 22 dall'asse del singolo elettrodotto calcolata a quota conduttori

I due valori considerano l'asimmetria della posizione nello spazio dei conduttori (2 mensole su un lato, 1 mensola sull'altro per gli elettrodotti, e 3 mensole su un unico lato per i raccordi). Il valore maggiore è pari a  $\pm$ 35 m dall'intersasse delle linee parallele, mentre è pari a  $\pm$  22 m dall'asse della linea singola.

Per il calcolo delle isocampo sopra riportate, è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.03" sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4 ed in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni sono state riportate le aree di prima approssimazione calcolate applicando i procedimenti semplificati riportati nella metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008; in particolare:

- nei tratti dei parallelismi delle linee:  
sono stati calcolati gli incrementi ai valori delle semifasce calcolate come imperturbate secondo quanto previsto dal par. 5.1.4.1 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.
- nei cambi di direzione si sono applicate le estensioni della fascia di rispetto lungo la bisettrice all'interno ed all'esterno dell'angolo tra due campate (si veda par. 5.1.4.2 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008);
- negli incroci con altre linee con tensione superiore a 132 kV si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008, valido per incroci tra linee ad alta tensione.

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

### **3 SE DI SMISTAMENTO 150KV**

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella stazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Negli impianti unificati Terna, con isolamento in aria, sono stati eseguiti rilievi sperimentali per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni d'esercizio, con particolare riguardo ai punti dove è possibile il transito del personale (viabilità interna).

I valori massimi di campo magnetico si presentano in corrispondenza degli ingressi linea a 380 kV.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, i rilievi sperimentali eseguiti nelle stazioni della RTN per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio si possono estendere alla nuova stazione elettrica in progetto 150/36 kV, nonostante le considerazioni fatte a seguire sono state eseguite sulla base di una stazione 380/150 kV e sono descritti nel seguito.

La seguente fig.9 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132-150 kV della RTN all'interno della quale sono state effettuate una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo, alla luce della normativa in materia di protezione dei lavoratori dall'esposizione dei campi elettrici e magnetici.

La stessa fig. 9 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Inoltre, nella fig. 9 sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi).

Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

Nella tabella 1 che segue è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la fig. 10 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

Mentre la fig. 11 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 2, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

Tali valutazioni rappresentano le condizioni estreme di valutazione dell'esposizione al campo elettrico per il 380 kV (è il livello di tensione più elevato) e per l'esposizione al campo magnetico nel caso del 132 kV (maggior corrente di esercizio e minor distanza tra lavoratore e fonte irradiante).

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea.

In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

La condizione in esame nel presente documento si colloca in una condizione di esposizione intermedia sia per i campi elettrici che magnetici, per cui si può affermare che sono soddisfatti i limiti di esposizione dettati dalla normativa vigente.

Tali valori, comunque, durante l'esercizio dell'impianto saranno monitorati, in modo da assicurare la continua osservanza dei limiti imposti dalla legge.

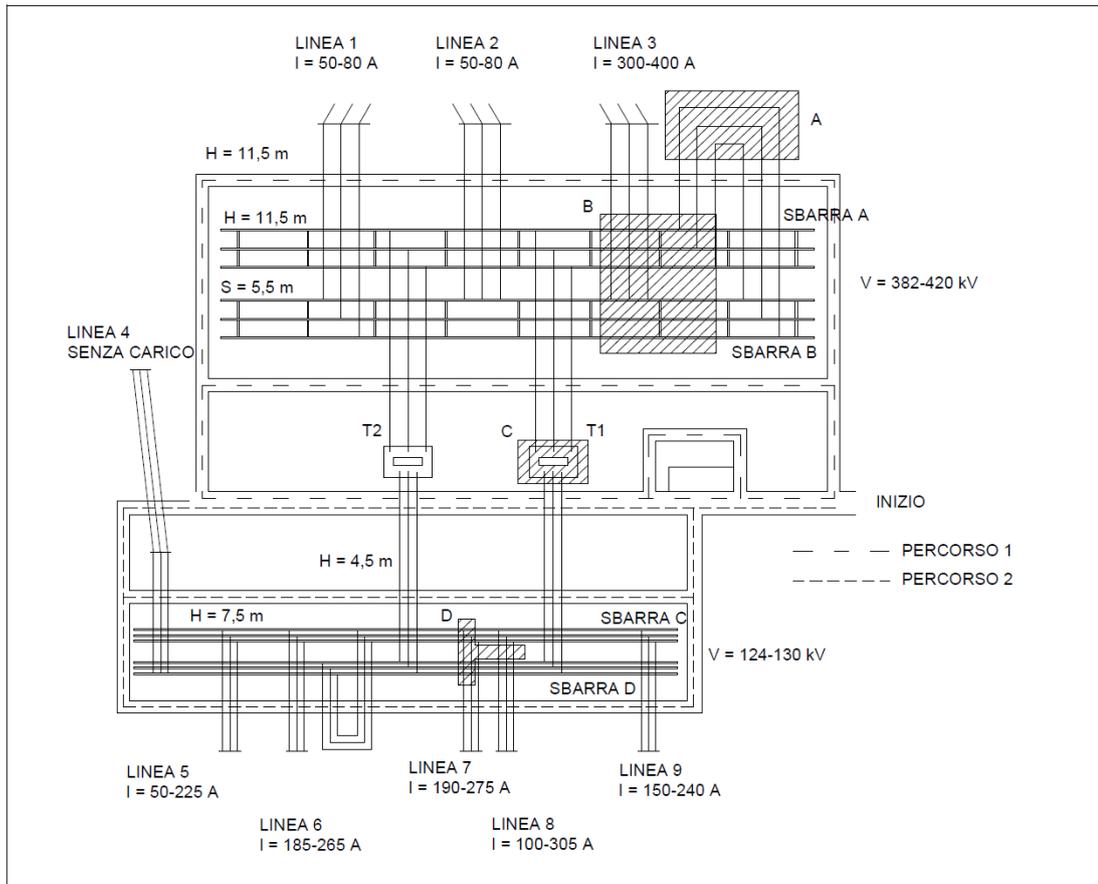


Figura 9 Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

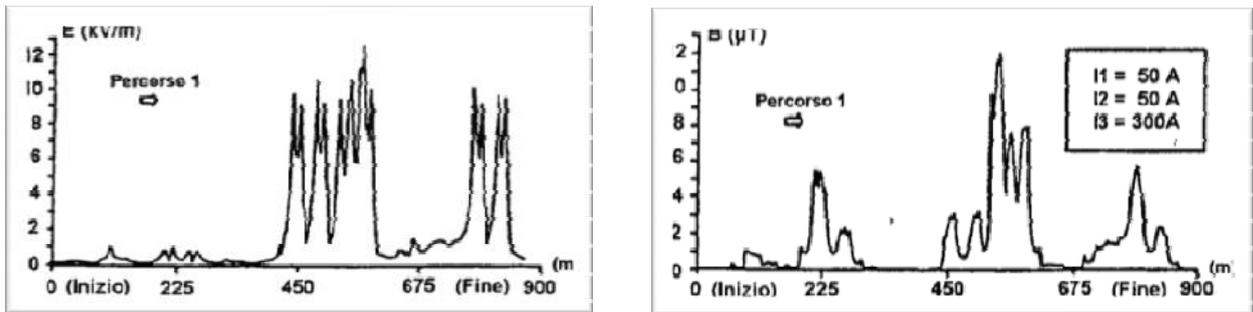
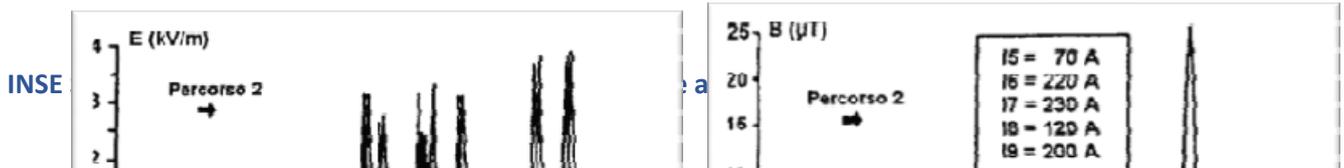


Figura 10 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig.9



<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

Figura 11 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 132 kV della stazione riportata in fig. 10

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica ( $\mu$ T)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Tab.1 Riepilogo risultati delle misure dei campi elettrici e magnetici effettuate nelle aree A, B, C e D

Si può notare come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti.

Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente come riportato nella documentazione progettuale dell'elettrodotto alla quale si rimanda per approfondimenti.

In sintesi, i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

#### **4 VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA**

È stata condotta l'analisi di tutti i possibili recettori ricadenti all'interno della DPA con riferimento alle opere di progetto da realizzare.

Risulta, sulla base delle indagini svolte, che nessun recettore ricade nella fascia DPA così calcolata e riportato nelle planimetrie doc. "S288-CE02-D\_PLANIMETRIA CARTOGRAFIA ORTOFOTO CON DPA" e "S288-CE03-D\_PLANIMETRIA CARTOGRAFIA CATASTALE CON DPA".

<i>Escala Wind srl</i>	<b>RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLA FASCIA DI RISPETTO</b>	Cod. 288-CE01-R	
		Data Febbraio 2023	Rev. 00

## 5 CONCLUSIONI

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati per la determinazione delle fasce di rispetto ai sensi della normativa vigente calcolate in funzione del valore di corrente permanente nominale del cavo prescelto come prescritto dal DM MATT del 29.05.2008 e s.m.i.

### Riepilogo Dpa e fasce di rispetto per tratte di impianto:

	<b>DPA (m)</b>	<b>Fascia di rispetto (m)</b>
<b>ELETTRODOTTI 150Kv (PARALLELI)</b>	+/- 35	70
<b>RACCORDI 150 kv</b>	+/- 22	44
<b>SE SMISTAMENTO 150kv</b>	PARI ALLA DPA GENERATA DALLE LINEE ENTRANTI ALLA SE	

Inoltre, si afferma che:

- Il valore del campo elettrico è sempre inferiore al limite fissato di 5 kV/m;
- Il valore del campo di induzione magnetica è sempre inferiore al limite massimo di 100  $\mu$ T.