

REGIONE
CALABRIA



PROVINCIA DI
CATANZARO



COMUNE DI
JACURSO



COMUNE DI
CORTALE



COMUNE DI
GIRIFALCO



PARCO EOLICO SELLA DI CATANZARO



REALIZZAZIONE DI UN PARCO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE EOLICA DI POTENZA 18 MW

COMMITTENTE:

S.E.V.A. S.r.l. Società Benefit

Uffici Valle d' Aosta e sede legale:

Rue des Forges, n. 5 – 11013 – Courmayeur (AO)

Uffici Milano:

C.so Sempione, n.33 – 20145 – Milano (MI)

P.I. e C.F. 00196480073 – PEC: sevasrl@arubapec.it



TITOLO DEL DOCUMENTO:

“RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI”

DATA	REVISIONE	ELABORATO	ESEGUITO	APPROVATO	VERIFICATO
Ottobre 2023	0	RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	Ing. Danilo Saporito	Ing. Andrea Corona	Ing. Andrea Corona

GRUPPO DI LAVORO:

- Laurent Jean Conti, consulente energie rinnovabili;
- Ing. Danilo Saporito;
- Ing. Enrico d'Alessandro;
- Dott. Scienze Naturali Carmine Mancuso;
- Geol. Alessio Brescia;
- Dott.ssa Rossella Scavello, archeologa;



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	VALORI LIMITE – CAMPO ELETTROMAGNETICO	6
4	ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI DEL PARCO IN PROGETTO.....	7
4.1	Sorgenti elettromagnetiche.....	7
4.1.1	Elettrodotti MT	7
4.1.2	Stazione di trasformazione MT/AT	8
4.1.3	Aerogeneratori	10
5	METODO DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO.....	11
5.1	Valutazione del campo elettrico e magnetico generato dall'elettrodotto	11
5.1.1	Terna di cavi posati a trifoglio	12

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra lo studio dei campi elettrici e magnetici generati dal parco eolico in progetto denominato “Sella di Catanzaro” proposto dalla società S.E.V.A. S.r.l Società Benefit ubicato nei Comuni di Jacurso, Cortale e Girifalco.

Il progetto prevede la realizzazione di n. 9 aerogeneratori di potenza complessiva pari a 18 MW, posizionati alla quota di circa 762 m s.l.m.

In Figura 1 si riporta la localizzazione del parco.



Figura 1. Localizzazione del parco eolico "Sella di Catanzaro"

L'impianto in progetto, grazie alle particolari condizioni del vento dell'area prescelta, sarà in grado di garantire una produzione energetica pulita, sicura e abbondante e contribuirà al raggiungimento degli obiettivi fissati non solo a livello nazionale ma anche a livello comunitario.

Gli studi animologici da noi condotti hanno potuto dimostrare una producibilità netta dell'impianto di circa 39.600 MWh all'anno, pari al fabbisogno di circa 15.840 famiglie (considerando un consumo medio annuo di 2.500kWh per famiglia).

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il presente elaborato relazionale sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione si è tenuto conto della normativa vigente, ovvero, le indicazioni indicate nel DPCM 8 Luglio 2003, il quale fissa:

- Limiti di esposizione;
- Valori di attenzione;
- Obiettivi di qualità per la protezione della popolazione delle esposizioni ai campi elettrici, magnetici e alla frequenza di rete generata dagli elettrodotti.

Inoltre, si è tenuto conto di quanto indicato nel D.M. 29 Maggio 2008 per la determinazione delle fasce di rispetto dagli elettrodotti e della legge quadro 22 Febbraio 2001 n° 36, *“Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”*

Insieme al DPCM 8 Luglio 2003, D.M. 29 Maggio 2008 e alla legge quadro n°36 del 22 Febbraio 2001, sono state prese in considerazione le norme tecniche in materia emanate dal CEI (Comitato Elettrico Italiano), nello specifico si è fatto riferimento alle norme CEI 106 “Esposizione umana ai campi elettromagnetici (ex CT111)” in particolare:

- Norma 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 1: Linee elettriche aeree in cavo”;
- Norma CEI 211-6 – “Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza (0 Hz – 10 kHz), con riferimento all’esposizione umana”
- Norma CEI 11-17 – “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo” – Edizione terza;
- Norma CEI 211-4 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

3 VALORI LIMITE – CAMPO ELETTROMAGNETICO

Le soglie a cui fare riferimento per i valori limite del campo elettromagnetico, generato dagli elettrodotti, sono state fissate attraverso il DPCM 8 Luglio 2003.

Facendo riferimento al suddetto DPCM all'Art. 3 si indicano i Limiti di esposizione e valori di attenzione:

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nell'art. 4 invece si indicato gli Obiettivi di qualità:

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti sul territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4 ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI DEL PARCO IN PROGETTO

Basandoci sulle indicazioni riportate nel DPCM 8 Luglio 2003 verrà condotto uno studio sui campi elettromagnetici generati dal parco eolico in progetto denominato “Sella di Catanzaro”, ubicato nei comuni di Jacurso, Cortale e Girifalco.

Si individueranno le sorgenti del campo, identificandone la tipologia elettromagnetica generata e la sua entità. Successivamente, basandoci sui valori di riferimento imposti dalla norma, si verificheranno i valori ottenuti durante l’analisi, tenendo conto che, i valori del campo elettromagnetico dovranno essere al di sotto di quanto indicato nella norma, questo per poter garantire una maggiore tutela dell’ambiente che circonda la zona interessata dal parco eolico in progetto.

4.1 Sorgenti elettromagnetiche

Il tipo di apparecchiature che utilizzeremo per la realizzazione del parco eolico in progetto generano, nelle normali condizioni di funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

Le componenti del parco che sono da considerarsi sorgenti di campo elettromagnetico sono:

- Elettrodotto MT di connessione interna fra gli aerogeneratori che costituiscono il parco eolico, nel caso in esame n.9 aerogeneratori di potenza nominale complessiva pari a 18 MW;
- Elettrodotto AT di connessione tra la sottostazione di trasformazione utente (posta in corrispondenza della WTG 4) e la cabina primaria di connessione alla RTN di trasporto dell’energia, nel caso in esame la cabina primaria di Maida (CZ).

Inoltre, si considerano sorgenti di campo elettromagnetico anche i singoli aerogeneratori.

4.1.1 Elettrodotti MT

Gli aerogeneratori costituenti il parco eolico “Sella di Catanzaro” saranno connessi tra loro per mezzo di un cavidotto interrato “interno” di media tensione del tipo ARE 4H1RX o del tipo ARE 4H1R (Figura 2).

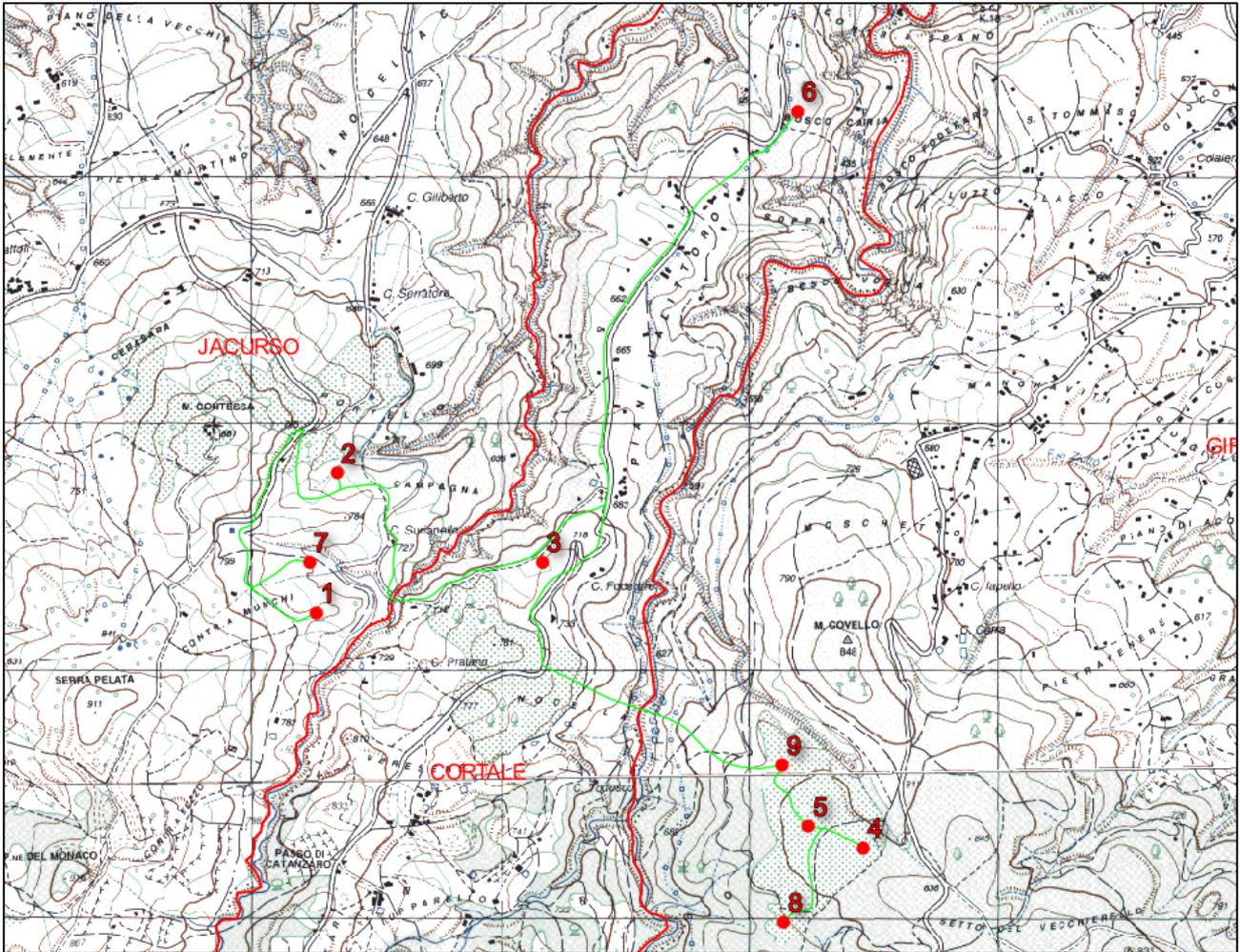


Figura 2. Aerogeneratori in progetto (in rosso) collegati internamente con cavo MT interrato (in verde)

4.1.2 Stazione di trasformazione MT/AT

Lo scopo della stazione MT/AT è quello di elevare la tensione di 30 kV della rete MT del parco eolico ai 150 kV della RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). L'elevazione della tensione avverrà mediante un trasformatore di potenza le cui caratteristiche principali sono riportate nella tabella seguente (Tabella 1):

TRASFORMATORE	
Unità di Potenza (MVA)	25
Corrente in ingresso (kV)	30
Corrente in uscita (kV)	132
Olio (mc)	20

Tabella 1. Caratteristiche tecniche del trasformatore installato

Il trasformatore sarà installato all'aperto, dunque per contenere qualsiasi perdita dall'apparecchiatura, sarà dotato di un'opportuna vasca di raccolta posta alla base, progettata

secondo il DM 15 Luglio 2014 – “ *Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, l’installazione e l’esercizio delle macchine elettriche fisse con la presenza di liquidi isolanti combustibili in quantità superiore a 1 m³*”.

Il sistema AT a 132 kV è costituito da n. 1 stallo trasformatore che sarà completato dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

- n. 3 scaricatori di sovratensione ad ossido metallico a protezione del trasformatore;
- n. 3 trasformatori di tensione induttivi (fatturazione);
- n. 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione);
- n. 1 interruttore automatico, isolato in SF6 con comando tripolare;
- n. 3 trasformatori di tensione capacitivi (protezione);
- n. 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare).

Le sbarre colletttrici omnibus per il quadro di alta tensione all’aperto saranno in tubi di lega di alluminio, di diametro interno non inferiore a 86 mm e diametro esterno non inferiore a 100 mm, comunque, dimensionate per una corrente termica che verrà fornita in fase esecutiva.

Tutte le sbarre saranno complete di morse, bulloneria e giunti di dilatazione termica.

Le apparecchiature da installare possiederanno caratteristiche conformi alle tabelle contenute nella specifica tecnica TERNA intitolata “*Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RNT del 30 ottobre 2006*”.

Le fondazioni delle apparecchiature elettrodomestiche costituenti il nuovo stallo, opportunamente dimensionate, saranno realizzate in conglomerato cementizio armato.

Inoltre, sarà realizzata una cabina in muratura, a servizio della stazione di trasformazione, atta ad alloggiare la quadristica di controllo tra cui:

- quadro di media tensione 30 kV isolato in SF6 al quale si attestano i cavidotti provenienti dal parco eolico;
- locale contatori per le misurazioni su AT;
- UPS.

La Sottostazione di Consegna sarà opportunamente recintata e verranno previsti, come indicato in planimetria, n.1 ingresso carraio adeguatamente collegati al sistema viario più prossimo sistemate con finitura a ghiaietto. Tutta la sottostazione sarà provvista di un adeguato impianto di terra che collegherà tutte le apparecchiature elettriche e le strutture metalliche presenti nella sottostazione stessa. Le opere son in ogni caso posizionate a distanza superiore ai 5 m dal confine in modo tale da assicurare che un’eventuale corrente di guasto non produca in alcun caso effetti pericolosi.

I requisiti funzionali generali per la realizzazione della Stazione saranno:

- vita utile non inferiore a 40 anni. Le scelte di progetto, di esercizio e di manutenzione ordinaria saranno fatte tenendo conto di questo requisito;
- elevate garanzie di sicurezza nel dimensionamento strutturale;
- elevato standard di prevenzione dei rischi d'incendio, ottenuta mediante un'attenta scelta dei materiali.

4.1.3 Aerogeneratori

Ogni aerogeneratore fornisce energia elettrica a 690 V, che viene poi elevata a media tensione prima del trasporto in un centro di trasformazione ubicato all'interno della torre stessa alla base dell'aerogeneratore, in modo tale che non si debbano creare nuove volumetrie.

L'energia prodotta da ogni aerogeneratore fluisce attraverso un sistema composto da cavi conduttori interrati che convergono alla cabina di sezionamento posta in prossimità della WTG 1.

Le caratteristiche funzionali e costruttive del trasformatore integrato in ciascun aerogeneratore in progetto sono riportate nella tabella seguente (Tabella 2):

AEROGENERATORE VESTAS	Mod. V112
Tensione	30 kV
Frequenza	50 Hz
Vcc	12 %
Gruppo	YnD11
Rated Apparent Power [SN]	3450 kVA

Tabella 2. Caratteristiche funzionali e costruttive del trasformatore

All'interno di ogni torre eolica, saranno installate tutte le apparecchiature e i quadri elettrici necessari al controllo, protezione e sincronizzazione del generatore ed alla sua connessione alla rete di distribuzione del parco eolico in progetto.

La rete di terra sarà costituita da un anello in corda di rame posato attorno a ciascun aerogeneratore eolico (R=15 m) e un adeguato numero di dispersori che verrà individuato in fase esecutiva.

5 METODO DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO

Il metodo utilizzato per la valutazione del campo elettromagnetico generato dall'elettrodotto, è stato effettuato mediante un foglio di calcolo basato sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), approvate dal D.M. 29 Maggio 2008 e specificate nella norma CEI 106-11.

Si riportano nei successivi paragrafi tutte le formule e le procedure di calcolo utilizzate in modo tale da garantire una maggiore trasparenza delle procedure eseguite.

5.1 Valutazione del campo elettrico e magnetico generato dall'elettrodotto

Prima di valutare il campo elettrico e magnetico generato dall'elettrodotto definiamo le tipologie di cavi che costituiscono l'elettrodotto, ovvero:

1. ARE 4H1R – tre cavi unipolari riuniti in elica visibile idonei per la posa a trifoglio;
2. ARE 4H1R X-18/30 kV – tre cavi unipolari posati a trifoglio non eli cordato.

Entrambe le tipologie di cavi rispondono alle condizioni imposte dalla norma IEC 60502-2.

La norma CEI 11-17, al punto 6.5.2.2, evidenzia che lo schermo dei cavi è sufficiente a ridurre il campo elettrico a livelli trascurabili.

Per cui la valutazione del campo elettrico, generato da un elettrodotto, viene di norma condotto quando i cavi sono costituiti da un conduttore nudo non schermato.

Nel successivo paragrafo analizziamo due casi:

1. Primo caso: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne di cavi MT in posa a trifoglio, di sezione pari a 400 mm² o 630 mm², in corrispondenza dell'entra/esci delle linee elettriche dagli aerogeneratori in progetto;
2. Secondo caso: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terna di cavi MT in posa a trifoglio, con sezione pari a 400 mm² o 630 mm².

Per entrambi i casi si è effettuato il calcolo per la condizione più gravosa ovvero, con sezione di 630 mm².

5.1.1 Terna di cavi posati a trifoglio

Nel caso in esame, 1 terna di cavi sotterranei posati a trifoglio da 630 mm², si è effettuata una modellazione del sistema considerando il contributo dell'intera terna, di cui si conoscono le caratteristiche geometriche, e non del singolo conduttore.

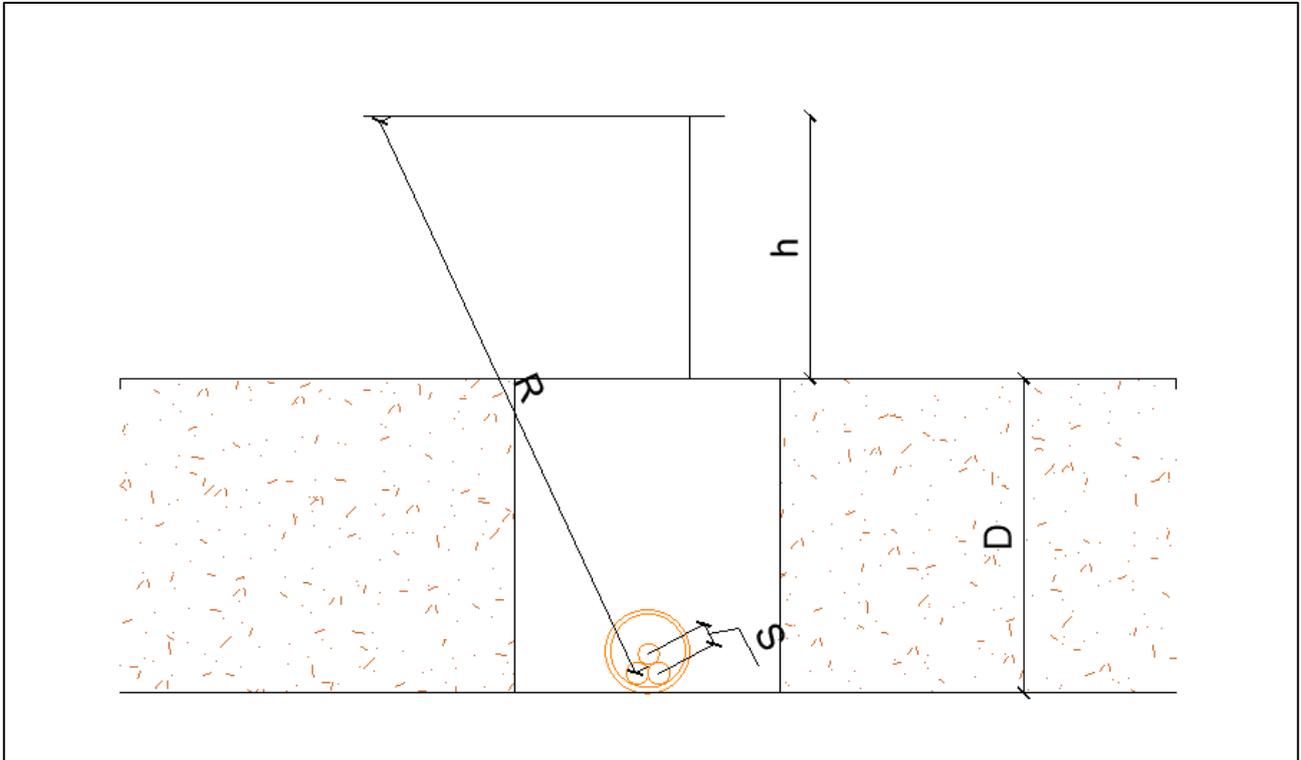


Figura 3. Sistema di riferimento per la valutazione dei campi magnetici nel caso in esame

Come ci viene consigliato dalla norma CEI 106-11 al capitolo 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimativa del campo elettromagnetico:

$$B = 0.1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

Considerando la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi generati dalle singole terne e calcolare, tramite il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Nella formula:

B[μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I.

Per quanto riguarda la corrente il DPCM 8 Luglio 2003, all'Art. 6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto così come definita dalla norma CEI 11-60,

Relazione campi elettromagnetici

la quale regola la portata al limite termico delle linee delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Nel nostro caso la linea è interrata in media tensione (30 kV), e non potendo fare riferimento a quanto indicato nel DPCM 8 Luglio 2003, si fa riferimento alla portata in corrente in regime permanente, come definita dalla norma CEI 11-17.

Si è calcolato, fissando vari valori di h, le distribuzioni di densità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni imposte inizialmente sono:

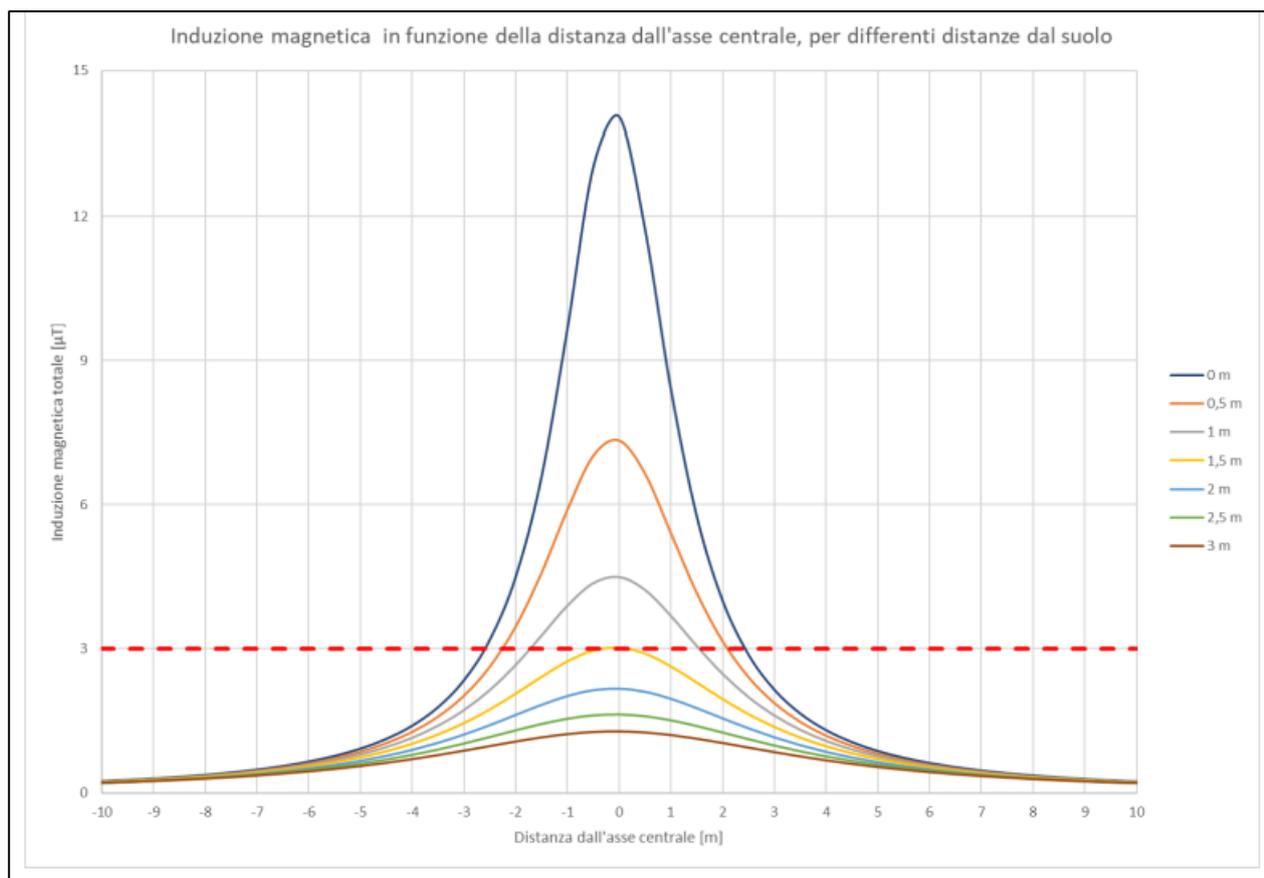
1. Profondità di posa dei cavi pari a -1.10 m;
2. Portata cavo 1 pari a 675 A;
3. Sezione 1 terna pari a 3x1x630 mm².

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	BTOT a 0 metri dal suolo [μT]	BTOT a 0.5 metri dal suolo [μT]	BTOT a 1 metri dal suolo [μT]	BTOT a 1.5 metri dal suolo [μT]	BTOT a 2 metri dal suolo [μT]
-10	0.1	0.1	0.1	0.09	0.09
-9.5	0.11	0.11	0.1	0.1	0.1
-9	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
-8.5	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12
-8	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13
-7.5	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
-7	0.2	0.19	0.19	0.18	0.17
-6.5	0.23	0.22	0.21	0.2	0.19
-6	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22
-5.5	0.32	0.3	0.29	0.27	0.25
-5	0.38	0.36	0.34	0.31	0.29
-4.5	0.46	0.43	0.4	0.37	0.33
-4	0.58	0.53	0.49	0.44	0.39
-3.5	0.74	0.67	0.6	0.52	0.45
-3	0.97	0.86	0.74	0.63	0.53
-2.5	1.3	1.13	0.93	0.76	0.63
-2	1.9	1.51	1.18	0.92	0.73
-1.5	2.87	2.06	1.49	1.1	0.84
-1	4.49	2.79	1.83	1.28	0.94
-0.5	6.79	3.53	2.13	1.42	1.01
0	8.2	3.88	2.25	1.47	1.03
0.5	6.79	3.53	2.13	1.42	1.01
1	4.49	2.79	1.83	1.28	0.94
1.5	2.87	2.06	1.49	1.1	0.84
2	1.9	1.51	1.18	0.92	0.73
2.5	1.3	1.13	0.93	0.76	0.63
3	0.97	0.86	0.74	0.63	0.53
3.5	0.74	0.67	0.6	0.52	0.45
4	0.58	0.53	0.49	0.44	0.39
4.5	0.46	0.43	0.4	0.37	0.33
5	0.38	0.36	0.34	0.31	0.29
5.5	0.32	0.3	0.29	0.27	0.25
6	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22
6.5	0.23	0.22	0.21	0.2	0.19
7	0.2	0.19	0.19	0.18	0.17
7.5	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
8	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13
8.5	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12
9	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
9.5	0.11	0.11	0.1	0.1	0.1
10	0.1	0.1	0.1	0.09	0.09

Figura 4. In rosso si riportano i valori del campo al di sopra della soglia di 3 μT

Relazione campi elettromagnetici

Il grafico seguente mostra la distribuzione dei valori in funzione della distanza dall'asse centrale:



Le varie curve mostrano la distribuzione dei valori del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse centrale. Le diverse curve mostrano il valore dell'intensità del campo con il variare del parametro h .

Il limite da rispettare è di $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, al livello del suolo in corrispondenza all'asse centrale dell'elettrodotto, superiore all'obiettivo di qualità. Per cui, bisogna individuare la distanza R_0 , dell'asse della linea al livello del suolo ($h=0$), oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto della soglia limite di $3 \mu\text{T}$. Questa distanza è pari a 1,09, per cui, lungo i tratti di cavidotto costituito da 1 terna di cavi posati a trifoglio, sarà necessario apporre una fascia di rispetto pari a 1,45 m per lato.

Bisogna inoltre considerare che, secondo il DPCM 8 Luglio 2003, nelle fasce di rispetto non dovranno essere presenti aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.