

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI TRAPANI
COMUNE DI MARSALA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO
DI POTENZA PARI A 33,465 MW, SU TERRENO AGRICOLO
NEL COMUNE DI MARSALA (TP) IN C.DA MESSINELLO
IDENTIFICATO AL N.C.T. AL FG. 137 P.LLA 4, 182, FG. 138 P.LLA 109, 112, 115, 160, 161,
173, 174, 175, 207 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE

Timbro e firma del progettista

Capital Engineering snc
Ing. Vincenzo Massaro



Timbri autorizzativi

Capital Engineering snc
Ing. Salvatore Li Vigni



RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	ID Terna	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	201900883	Relazione	18	MESSINELLO	MESSINELLO Relazione Campi Elettrom. del 21 11 2020.doc	15.12.2020	-

REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	15.12.2020	Prima emissione	GR	MTM	VM

IL PROPONENTE

Messinello Wind S.r.L.

Messinello Wind S.r.L.
Corso di Porta Vittoria n. 9 - 20122 - Milano
P.IVA: 11426630965
PEC: messinellowind@mailcertificata.net

PROGETTO DI



Capital Engineering S.n.c.
Sede legale: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo
e-mail: info@capitalengineering.it

SU INCARICO DI



Coolbina S.r.L.
Sede legale: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo
e-mail: progettazione@coolbine.it

Sommarrio

1. Premessa.....	2
2. Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti	3
2.1 Radiazioni Non Ionizzanti (NIR – Non Ionizing Radiations): generalità	3
2.2 Calcolo dell'induzione magnetica	4
3. Normativa di riferimento	7
4. Metodologie di calcolo delle fasce di rispetto/D.P.A.....	12
5. Stima degli impatti.....	14
6. Conclusioni.....	22

1. Premessa

Il progetto in esame prevede l'installazione di 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW e 3,465 MW, per una potenza complessiva di 33,465 MW.

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

Aerogeneratore	WTG 1	WTG 2	WTG 3	WTG 4	WTG 5	WTG 6
Modello (presunto)	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 3.4 - 132
Potenza Nominale	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	3,465 MW
N° Pale	3	3	3	3	3	3
Tipologia Torre	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica
Diametro Rotore	170 m	170 m	170 m	170 m	170 m	132 m
Altezza Mozzo	115 m	165 m	100 m	165 m	165 m	84 m
Altezza al top	200 m	250 m	185 m	250 m	250 m	165 m
Velocità Cut-in	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s
Velocità Cut-out	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s
Intervallo temperatura ambiente di riferimento	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C

Connessione alla rete

La soluzione di connessione prevede che la centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 220 kV “Fulgatore – Partanna”. Detta stazione sarà inoltre collegata, tramite un nuovo elettrodotto a 220 kV di collegamento della RTN con la stazione 220 kV di Partanna, previo ampliamento della stazione a 220 kV di Partanna.

In generale, i principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e, successivamente, con la Sottostazione Elettrica (SSE);
- una Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 220 kV con tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale;
- il cavidotto di collegamento della SSE alla nuova Stazione Elettrica (SE) “Partanna 2”.

La presente relazione è riferita all'impatto elettromagnetico prodotto in particolare da:

1. linee MT interrate
2. sottostazione elettrica di trasformazione e consegna, ovvero linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo, le apparecchiature elettromeccaniche e l'area TERNA.

2. Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

2.1 Radiazioni Non Ionizzanti (NIR – Non Ionizing Radiations): generalità

Un campo elettromagnetico è la propagazione nello spazio di campi elettrici e di campi magnetici variabili nel tempo¹. Ogni qual volta si verifica una variazione di campo elettrico o di campo magnetico si genera nello spazio un campo elettromagnetico che si propaga a partire dalla sorgente. Lo spettro elettromagnetico di un campo elettromagnetico è l'insieme di tutte le radiazioni con frequenza diversa, ognuna delle quali è generata da un campo elettromagnetico ad una determinata frequenza. In base alla frequenza le radiazioni generate da un campo elettromagnetico si distinguono in:

- Radiazioni Ionizzanti – dette IR (Ionizing Radiation), con frequenze maggiori di 300 GHz (raggi ultravioletti, raggi X e raggi gamma) che per la loro elevata energia sono in grado di rompere i legami molecolari delle cellule e possono indurre mutazioni genetiche;
- Radiazioni Non Ionizzanti – dette NIR (Non Ionizing Radiation), generate da un campo elettromagnetico con frequenza compresa tra 0 e 300 GHz (pari a 3×10^5 Hz); sono le radiazioni ultraviolette (UV), i campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) e quelli a frequenza di rete (50Hz). Queste radiazioni non sono in grado di rompere direttamente i legami molecolari delle cellule perché non possiedono energia sufficiente e producono principalmente effetti termici.

La componente principale di quelle che vengono definite radiazioni non ionizzanti è costituita dalle onde elettromagnetiche comprese nell'arco di frequenza 0-300 GHz; all'interno delle radiazioni non ionizzanti si distinguono per importanza applicativa i seguenti intervalli di frequenza:

- Sorgenti di campi a bassa frequenza (fino a 300 Hz), comunemente definiti come campi ELF (Extremely Low Frequency), dovute essenzialmente al sistema di produzione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica (linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici, etc.) che in Italia presenta una frequenza industriale costante pari a 50 Hz;
- Sorgenti di campi a radio-frequenza comunemente definiti come campi RF (Radio Frequency - fra i 100 kHz e i 300 MHz) dovute generalmente agli impianti di ricetrasmisione radio e tv;
- Sorgenti di campi a Micro Onde o MO (fra i 300 MHz e i 300 GHz) dovute agli impianti per cellulari o ai ponti radio che prevedono frequenze molto più alte, comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

La terra, l'atmosfera e il sole da sempre generano un fondo elettromagnetico naturale, al quale si sono aggiunti, come conseguenza del progresso tecnologico, i campi prodotti dalle sorgenti legate all'attività antropica, campi che hanno provocato un notevole innalzamento di tale fondo naturale. Gli esseri viventi hanno da sempre convissuto con tali radiazioni, evolvendosi in modo da adattarsi ad esse, proteggersi o utilizzare al meglio questi agenti fisici.

Quando si parla di elettrosmog o inquinamento elettromagnetico ci si riferisce alla grande quantità di campi elettrici e magnetici generati da onde appartenenti alla sezione non ionizzante dello spettro elettromagnetico. Le principali sorgenti sono rappresentate da emettitori e ripetitori radiotelevisivi e per la telefonia mobile, dalle linee elettriche di distribuzione e da tutti gli apparecchi alimentati da corrente elettrica, caratterizzati da un trend in continua espansione. Nell'ambito delle tematiche di tutela ambientale e di prevenzione sanitaria, il problema degli effetti biologici dei campi elettromagnetici è uno dei più attuali e più complessi sia per la difficoltà scientifica di ottenere un rapporto causa-effetto univoco, sia per la rilevanza sociale della rete di approvvigionamento energetico. In questo la tendenza del quadro legislativo nazionale è stato quello di imporsi come obiettivi non solo

l'imposizione di limiti di esposizione per la protezione sanitaria dagli effetti acuti ed immediati, ma anche di ulteriori più bassi limiti a salvaguardia di eventuali effetti sanitari che potrebbero insorgere per esposizioni a lungo termine.

Le interazioni tra l'opera in progetto e questa componente ambientale sono essenzialmente di duplice natura. La costruzione di un parco eolico presuppone ovviamente un collegamento alla rete nazionale, necessario per trasferire l'energia generata all'interno dell'impianto stesso: questo trasporto comporta l'induzione di campi elettromagnetici lungo tale collegamento. Altro punto da considerare sono le possibili interferenze con le telecomunicazioni. L'interferenza elettromagnetica causata dagli impianti eolici è molto ridotta nei casi in cui il trasporto dell'energia prodotta avviene tramite l'utilizzo di linee di trasmissione esistenti. Diverso è il caso in cui le linee elettriche siano appositamente progettate e costruite, per il quale dovrà essere allegata una tavola riassuntiva del tracciato e delle caratteristiche fisiche dell'elettrodotto ed una relazione tecnica specialistica di calcolo del campo elettrico e del campo di induzione magnetica (corredata dai rispettivi diagrammi) che metta in luce il rispetto dei limiti della Legge n. 36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Gli aerogeneratori possono anche essere fonte di interferenza elettromagnetica a causa della riflessione e della diffusione delle onde radio che investono la struttura, ovverosia possono influenzare: le caratteristiche di propagazione delle telecomunicazioni (come qualsiasi ostacolo) e la forma del segnale ricevuto con eventuale alterazione dell'informazione. Una adeguata distanza degli aerogeneratori dalla sorgente del segnale potrà far sì che l'interferenza sia irrilevante.

L'avanzamento tecnologico nella progettazione degli impianti ha fatto sì, però, che ad oggi:

- i campi elettrici siano praticamente nulli per l'effetto schermante delle guaine metalliche e/o in pvc e del terreno sovrastante i cavi interrati;
- gli impianti eolici siano largamente compatibili con il limite di 100 μ T fissato dal D.P.C.M. del 23/04/92;
- le interferenze elettromagnetiche siano ormai un fenomeno ridotto dall'utilizzo di pale in materiali non conduttori (vetrosina, compositi) e limitato nell'area di 100 m dagli aerogeneratori.

2.2 Calcolo dell'induzione magnetica

Il modello normalizzato per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto nella norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato. Si tratta di un modello bidimensionale che applica la Legge di Biot-Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

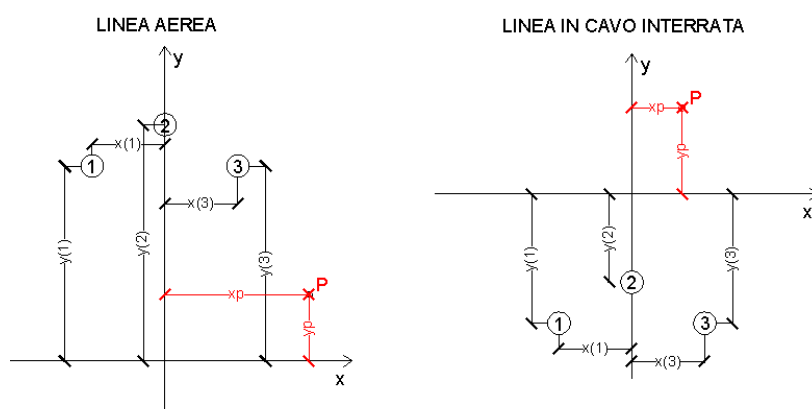
Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi interrati e, nel caso dei conduttori a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei subconduttori dei fasci;
- per le linee aeree non vengono considerate le correnti indotte nelle funi di guardia in quanto il loro effetto sull'induzione magnetica è ritenuto trascurabile; analogamente per le linee in cavo interrato non si tiene conto delle correnti indotte negli schermi;
- il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate.

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili per la maggior parte delle situazioni riscontrabili per le linee aeree e in cavo interrato. In alcuni casi particolari (per esempio zone della campata in vicinanza dei sostegni, configurazioni particolari di linee, presenze di più linee con percorsi non paralleli) può risultare appropriato eseguire valutazioni con metodi più completi di tipo tridimensionale, assai più complessi, ma già sviluppati e trattati dalla letteratura tecnica.

L'algoritmo di calcolo, implementabile con codici relativamente semplici, considera in sintesi i seguenti passi:

- i valori efficaci e le fasi delle correnti sinusoidali sui conduttori sono rappresentati attraverso fasori (numeri complessi): I_i è il fasore della corrente i ; sul conduttore i ;
- con riferimento ad un generico punto di coordinate (x_p, y_p) sul piano ortogonale ai conduttori si calcolano i fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica totale B_x e B_y attraverso le formule riportate nella Figura 2.1, nella quale è anche illustrato il significato dei simboli usati nelle formule stesse, con riferimento alle linee aeree e a quelle in cavo interrato; per queste ultime la profondità di posa dei cavi (coordinata del centro geometrico di ciascun cavo) va introdotta con il segno negativo; per semplicità e maggior chiarezza, gli schemi riportati si riferiscono a linee a semplice terna, ma ovviamente le formule sotto riportate valgono per linee a doppia terna, introducendo opportunamente i fasori delle correnti in modo da rappresentare la disposizione delle fasi;
- il valore efficace dell'induzione B magnetica viene ottenuto con la formula già sopra illustrata



$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

$$B_z = 0$$

Fig. 2.1 - Formule per il calcolo dell'induzione magnetica

In alternativa all'utilizzazione del modello di calcolo normalizzato sopra descritto, che richiede l'uso di codici di calcolo, seppur relativamente semplici, si può ricorrere a formule analitiche approssimate, che permettono il calcolo

immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica. Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a $3 \mu\text{T}$, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un'approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori.

Le possibili sorgenti formate da linee elettriche rettilinee, possono essere di diversa natura: linee unifilari, linee bifilari e linee trifase, quest'ultime con disposizioni differenti dei conduttori. Si faccia attenzione al fatto che nelle formule che seguono, l'induzione magnetica B viene misurata in microtesla (μT). In Figura 2.2 vengono riportate una linea unifilare (che rappresenta il caso di un conduttore a grande distanza dal conduttore di ritorno della corrente) e una linea bifilare (ad esempio linea di distribuzione fase-fase o fase-neutro).

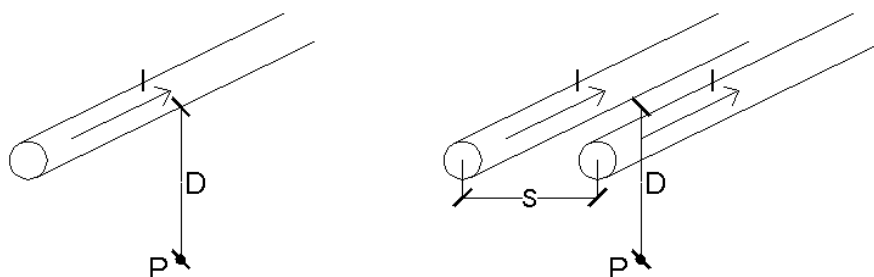


Fig. 2.2 - Linea Unifilare e Bifilare

Per la linea unifilare l'induzione magnetica generata nel punto P sarà data da:

$$B_{(\mu\text{T})} = 0,2 \times \frac{I}{D}$$

Per la linea bifilare invece il campo di induzione magnetica generato nel punto P varrà:

$$B_{(\mu\text{T})} = 0,2 \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Si nota che il campo magnetico generato dalle linee bifilari è inferiore a quello delle linee unifilari, a causa dell'effetto di riduzione del campo causato dalla presenza di conduttori vicini percorsi da correnti con fasi diverse.

Nel caso della linea unifilare, il campo magnetico decresce solo linearmente con la distanza D dalla sorgente; nel caso della linea bifilare, percorsa da correnti di intensità uguali, ma versi opposti, il decremento del campo è proporzionale al quadrato della distanza D , mentre cresce proporzionalmente al rapporto S/D , a parità di distanza dalla sorgente (S è la distanza fra i conduttori). In Figura 2.3 vengono riportati gli schemi dei sistemi trifase composti da conduttori rettilinei disposti tra di loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti simmetrica ed equilibrata.

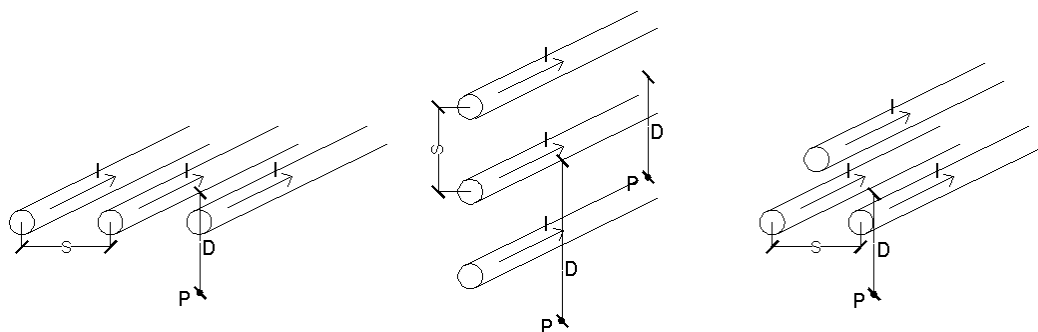


Fig. 2.3 - Schemi dei sistemi trifase (conduttori in piano, in verticale, a triangolo)

Per le terne trifase di conduttori in piano e di conduttori in verticale il campo di induzione magnetica nel punto P vale:

$$B_{(\mu T)} = 0,2 \times \sqrt{3} \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Per le terne trifase di conduttori a triangolo l'induzione magnetica nel punto P è data da:

$$B_{(\mu T)} = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Si fa notare che la disposizione dei conduttori ai vertici di un triangolo equilatero è quella che, a parità di altre condizioni, minimizza il campo magnetico.

Per l'intero percorso della linea interrata, il calcolo verrà condotto utilizzando cautelativamente la modellizzazione di conduttori localmente rettilinei, orizzontali e paralleli, di forma cilindrica con diametro costante per ogni tratto descritto nello schema unifilare. Sempre a titolo cautelativo il calcolo della perturbazione elettromagnetica indotta dal tracciato interrato verrà effettuato trascurando qualsiasi tipo di schermatura elettromagnetica prodotta dai cavi stessi. Dal punto di vista magnetico il terreno verrà considerato perfettamente trasparente, mentre dal punto di vista elettrico risulta essere uno schermo tale da poter ritenere il campo elettrico quasi nullo.

Il calcolo del campo di induzione magnetica verrà eseguito considerando cautelativamente una intensità di corrente pari alla massima corrente di impiego, ovvero la massima corrente che può interessare la linea di trasporto nelle normali condizioni di utilizzo. Tuttavia, è opportuno sottolineare che gli impianti di produzione di energia da fonte eolica sono caratterizzati da produzione variabile in funzione della velocità del vento e quindi la potenza prodotta e di conseguenza la corrente che transita nelle linee, varia nel corso del normale funzionamento.

3. Normativa di riferimento

Il calcolo dei campi elettrico e magnetico è effettuato con riferimento ai metodi esposti nelle seguenti Guide Tecniche:

- Norma CEI 211-4, Milano, 1996 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;

- Norma CEI 211-6, Milano, 2001 – “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana” (di cui al D.P.C.M. 08 luglio 2003, art. 5, comma 1, n.d.r.).

Il calcolo del campo magnetico è stato effettuato, cautelativamente, alla massima corrente di impiego, ovvero la massima corrente che può interessare le linee di trasporto MT di collegamento tra gli aerogeneratori, la linea di interconnessione MT tra la cabina di sezionamento/raccolta (CS) e la sottostazione di utenza (SE di consegna) nonché il cavo in AT tra la sottostazione di utenza e le sbarre AT presenti nella CP.

Tuttavia, è opportuno sottolineare che gli impianti di produzione di energia da fonte eolica sono caratterizzati da produzione variabile in funzione della velocità del vento e quindi la potenza prodotta e di conseguenza la corrente che transita nelle linee varia nel corso del normale funzionamento; ne consegue che le analisi qui riportate sono da considerarsi cautelative, in quanto riferite a valori massimi di corrente che si verificano per poche ore all'anno, in coincidenza con elevata intensità di risorsa eolica.

I riferimenti normativi presi in considerazione nella valutazione dell'impatto elettromagnetico sono quelli attualmente vigenti, ovvero quelli definiti dalla Legge del 22 febbraio 2001, n 36 ed i relativi Decreti attuativi (di cui in particolare il D.P.C.M. del 08 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, magnetici ed elettromagnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti” e il Decreto 29 maggio 2008 – “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”).

La normativa principale di riferimento viene di seguito riportata:

Normativa nazionale

Legge del 22 febbraio 2001, n 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (pubblicata su G.U.R.I. n. 55 del 7 marzo 2001) (TESTO VIGENTE AL 26/11/2017) ed i relativi Decreti attuativi, quali:

- D.P.C.M. 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, magnetici ed elettromagnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti” (pubblicato su G.U.R.I. n. 200 del 29 agosto 2003) (Decreto attuativo dell'art. 4, comma 2., lettera a), della Legge 22 febbraio 2001, n. 36);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 29 Maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” (pubblicato su G.U.R.I. n. 156 del 5 luglio 2008, S.O. n. 160);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 29 Maggio 2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”, (pubblicato su G.U.R.I. n. 153 del 2 luglio 2008);
- Decreto Legge 18 dicembre 2012 n. 179 “Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese - Decreto Sviluppo”³ (convertito in legge con la Legge 17 dicembre 2012, n. 221 “Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese” (pubblicata su G.U.R.I. n. 294 del 18 dicembre 2012, S.O. n. 208);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2 dicembre 2014 “Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime

- previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore. (14A09740)" (pubblicato su G.U.R.I. Serie Generale n.296 del 22 dicembre 2014);
- 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".

La Legge del 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" (pubblicata su G.U.R.I. n. 55 del 7 marzo 2001) ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a (art. 1 "Finalità della legge"):

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
- promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

La legge ha per oggetto «gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici, compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti per radiodiffusione» (art. 2 – "Ambito di applicazione", comma 1). Ai fini dell'applicazione della presente legge si assumono le seguenti definizioni (art. 3 – "Definizioni", comma 1):

- a) esposizione: «è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale»;
- b) limite di esposizione: «è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a)»;
- c) valore di attenzione: «è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge»;
- d) obiettivi di qualità sono:
 - 1) «i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8»;
 - 2) «i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi»;
- e) elettrodotto: «è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione»;

- f) esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: «è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici»;
- g) esposizione della popolazione: «è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici».

L'art. 4, comma 2, lettera a) della legge del 22 febbraio 2001, n. 36 prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione dalla esposizione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche.

Le disposizioni del D.P.C.M. 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, magnetici ed elettromagnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (pubblicato su G.U.R.I. n. 200 del 29 agosto 2003) (Decreto attuativo dell'art. 4, comma 2., lettera a), della Legge 22 febbraio 2001, n. 36) «fissano limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni» (art. 1 – "Campo di applicazione", comma 1).

All'art. 3 – "Limiti di esposizione e valori di attenzione", comma 1 fissa i limiti di esposizione per l'induzione magnetica e per il campo elettrico, intesi come valori efficaci: «Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci». Al comma 2 dello stesso articolo stabilisce invece che: «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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio». «Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze 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 nel 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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio» (art. 4 – "Obiettivi di qualità", comma 1).

Limiti	Valore efficace di Induzione magnetica [μ T]	Valore efficace di Campo elettrico [kV/m]
Limiti di esposizione (art. 3, comma 1) «Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti»	≤ 100	≤ 5
Valore di attenzione (art. 3, comma 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» (mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)	10	-
Obiettivi di qualità (art. 4, comma 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 permanenze 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 nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz» (mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)	3	-

Fig. 3.1 - Limiti ammissibili fissati dal D.P.C.M. 08 luglio 2003 agli artt. 3 e 4

All'art. 5 – “Tecniche di misurazione e di determinazione dei livelli d'esposizione”, comma 1, è stabilito che: «Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6 prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana» e successivi aggiornamenti». Per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità «il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le relative procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio» (art. 5, comma 2). Per la verifica del rispetto delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, «oltre alle misurazioni e determinazioni di cui ai commi 1 e 2, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto» (art. 5, comma 3). L'art. 6 – “Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” stabilisce inoltre che: «Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti» (comma 1). «L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio» (comma 2).

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 29 Maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” (pubblicato su G.U.R.I. n. 156 del 5 luglio 2008, S.O. n. 160) all'art. 1 approva la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti riportata nell'Allegato – “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”. Intento del documento è quello di «formulare una proposta metodologica che trovi piena applicabilità nel rispetto dei principi della L.Q. n. 36/01 e del D.P.C.M. 8 luglio 2003. La metodologia deve rivestire carattere di ampia generalità ed essere applicabile anche a casi particolari» (Par. 2 – “Introduzione”).

Il Par. 3 – “Oggetto e campo di applicazione”, parte 3.2 – “Oggetto e applicabilità” stabilisce che la metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 08 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 nell'art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità “Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per

l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze 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 nel territorio" (art. 4). La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate. Sono escluse dall'applicazione della metodologia:

- le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz);
- le linee definite di classe zero secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449;
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 2 1.03.88 n. 449;
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991».

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.). La determinazione della fascia di rispetto di una linea elettrica avviene quindi in primo luogo mediante il calcolo della D.P.A.. Tale distanza viene 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 dal centro linea più della D.P.A. si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra”. Le D.P.A. permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici. Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate D.P.A.) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico ($10 \mu\text{T}$ da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell'art. 9 della Legge 36/2001.

4. Metodologie di calcolo delle fasce di rispetto/D.P.A.

Il sopracitato D.P.C.M. 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

- bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 Parte I;
- tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi.

Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore a 1,00 m. Al fine di agevolare la gestione territoriale ed il calcolo delle fasce di rispetto il Decreto introduce una procedura semplificata (§ 5.1.3), per il calcolo della D.P.A. ai sensi della CEI 106-11 che fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli, secondo il quale il proprietario/gestore deve:

- 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 di linea;
- proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- comunicare l'estensione rispetto alla proiezione al centro linea: tale distanza (D.P.A.) sarà adottata in modo costante lungo il tronco.

La determinazione della fascia di rispetto è finalizzata alla definizione del volume, attorno ai conduttori, al cui interno si potrebbe avere una induzione magnetica superiore a 3 μT e non all'individuazione della proiezione verticale al suolo di detto volume, come invece definito in maniera semplificata dalla procedura di calcolo della D.P.A..

Consideriamo il caso di cavi unipolari interrati posati a trifoglio, il cui schema di posa è indicato in Figura 4.1.

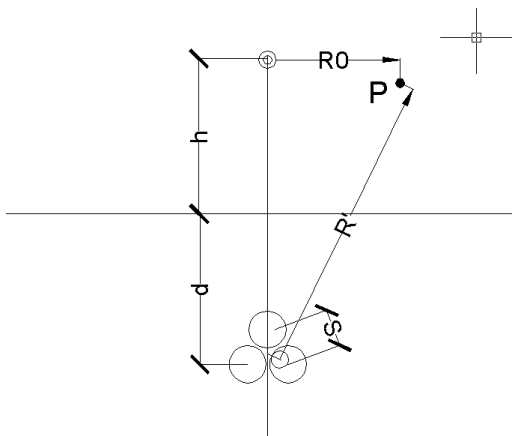


Fig. 4.1 - Cavi unipolari interrati posati a trifoglio

R' rappresenta la distanza dal centro geometrico dei conduttori che corrisponde ad un valore di induzione magnetica B pari a 3 μT . Risulterà:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{S \times I}$$

La formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea a livello del suolo oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 μT è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2}$$

nella quale S rappresenta la distanza tra conduttori adiacenti e d la profondità di scavo.

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

Cabine Primarie, generalmente la D.P.A. rientra nel perimetro dell'impianto in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.

Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4,0 m x 2,4 m, altezze di 2,4 m e 2,7 m ed unico trasformatore) o similari, la D.P.A., intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (χ) applicando la seguente relazione:

$$D.P.A. = 0,40942 * \chi^{0,5241} * \sqrt{I}$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso. Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la D.P.A. da considerare è quella della linea MT

entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una “box”, la D.P.A. va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del D.M. 29 maggio 2008). Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

I risultati delle calcolazioni, di seguito riassunte in appositi grafici e tabelle, sono stati ottenuti per mezzo di apposito foglio di calcolo predisposto dal tecnico sottoscrittore della presente relazione.

5. Stima degli impatti

La società Messinello Wind S.r.l. intende realizzare nel Comune di Marsala (TP), in località “Messinello”, una centrale per la produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da n. 6 aerogeneratori ad asse orizzontale di grande taglia; l’energia elettrica prodotta da ciascun aerogeneratore viene trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato a bordo navicella e, quindi, trasferita al quadro MT posto a base torre e sito internamente alla struttura di sostegno tubolare. Gli aerogeneratori del parco eolico sono tra loro collegati mediante una rete di cavidotti, alla tensione di 30 kV. Il dimensionamento di massima per la sezione dei cavi MT è stato effettuato sulla base delle caratteristiche dei cavi unipolari del tipo ARE4H1RX 18/30 kV con conduttore di alluminio, con isolamento XPLE, per posa interrata in piano ed adottando un opportuno fattore di sicurezza. Le terne di cavi elettrici saranno posate in scavo (cavidotti interrati) secondo le prescrizioni CEI che prevedono, nel caso di una singola terna di cavi, uno scavo di circa 1,30 m di profondità per una larghezza di circa 0,60 m.

Sono stati individuati i segmenti omogenei di connessione per i collegamenti tra gli aerogeneratori, la Sotto Stazione Elettrica Utente e la nuova Stazione Elettrica RTN “Partanna2” (Figura 5.1).



Fig. 5.1 - Planimetria impianto con collegamenti

Id.	Punti di collegamento	Lunghezza (m)	Sez. (mmq)	I (A)	V (kV)
S1	Da WTG_06 a WTG_05	1200	3x1x95	67	30
S2	Da WTG_05 a WTG_04	1400	3x1x240	184	30
S3	Da WTG_02 a WTG_04	1100	3x1x95	118	30
S4	Da WTG_04 a WTG_03	650	2*[3x1x240]	420	30
S5	Da WTG_03 a WTG_01	1250	2*[3x1x240]	538	30
S6	Da WTG_01 a SSE	250	2*[3x1x240]	655	30
S7	Da SSE a SE "Partanna2"	480	3x1x1200	89	220

dove la corrente per ciascun tratto è stato determinato tramite il calcolo riportato nella Rel.02 - relazione tecnica elettrica.

Per l'intero percorso della linea interrata il calcolo è stato condotto utilizzando, cautelativamente, la modellizzazione di conduttori localmente rettilinei, orizzontali e paralleli, di forma cilindrica, con diametro costante per ogni tratto descritto nello schema unifilare.

Sempre a titolo cautelativo il calcolo della perturbazione elettromagnetica, indotta dal tracciato interrato, è stato effettuato trascurando qualsiasi tipo di schermatura elettromagnetica prodotta dai cavi stessi. Dal punto di vista magnetico il terreno è stato considerato perfettamente trasparente mentre dal punto di vista elettrico risulta essere uno schermo tale da poter ritenere il campo elettrico quasi nullo. 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 interrate 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.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi condotta con l'individuazione della distanza di prima approssimazione (DPA).

Cavidotto MT una terna di sezione 95 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

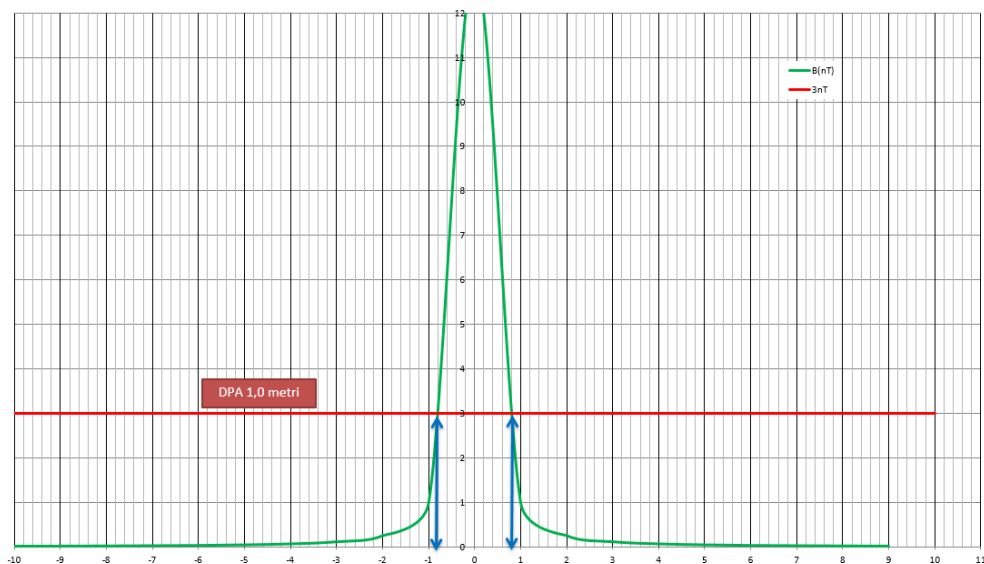


Fig. 5.2 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S1

Cavidotto MT una terna di sezione 240 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

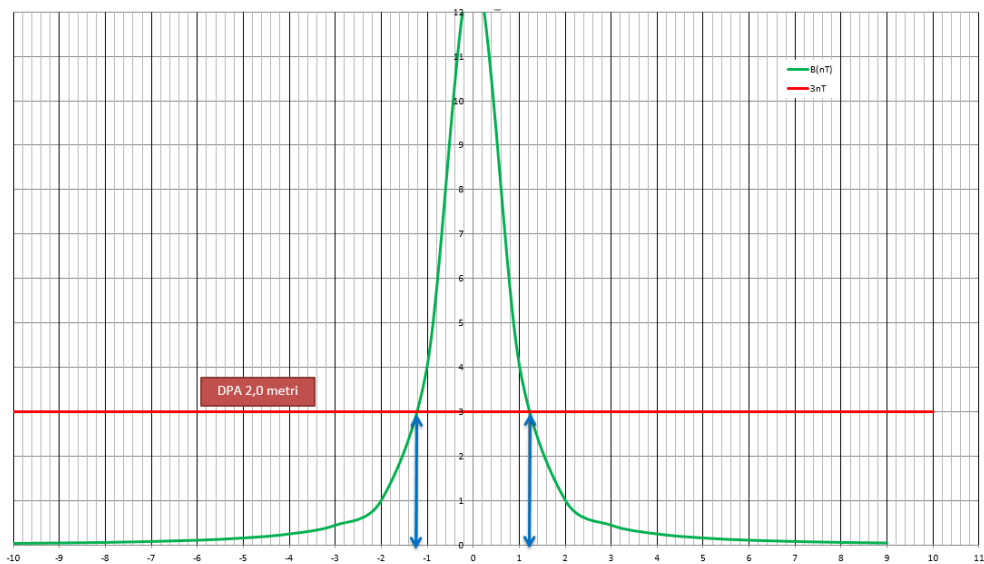


Fig. 5.3 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S2

Cavidotto MT doppia terna da 95 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

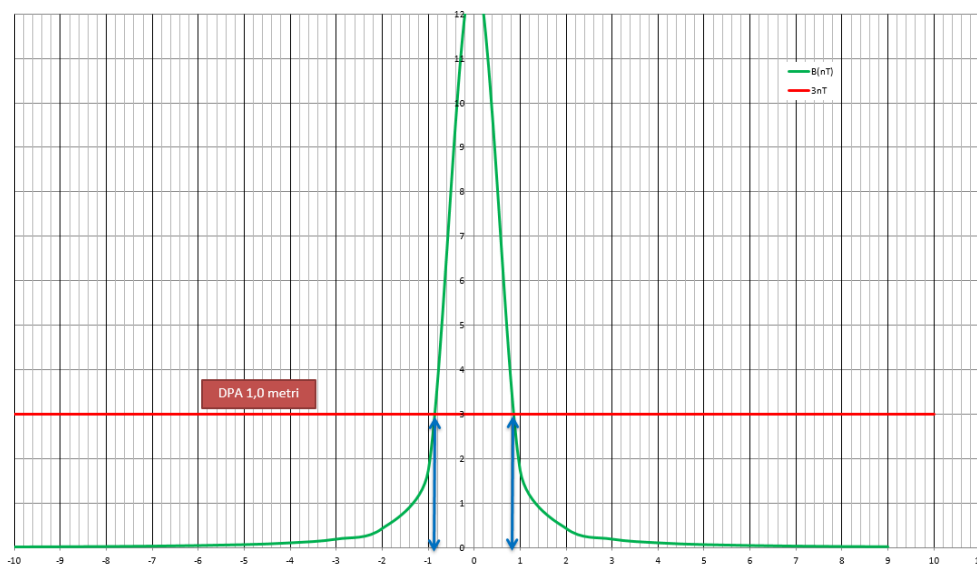


Fig. 5.4 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S3

Cavidotto MT doppia terna da 240 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

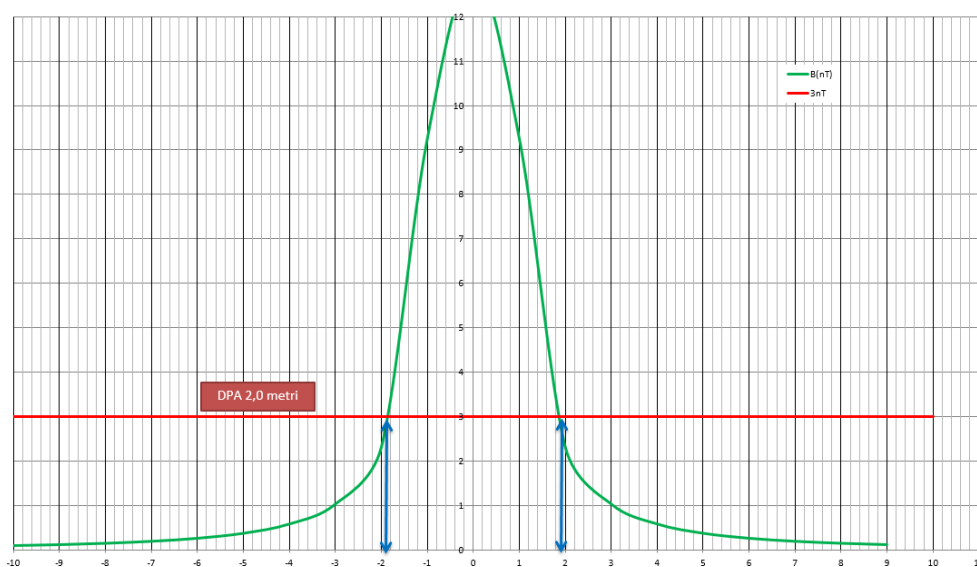


Fig. 5.5 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S4

Cavidotto MT doppia terna da 240 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

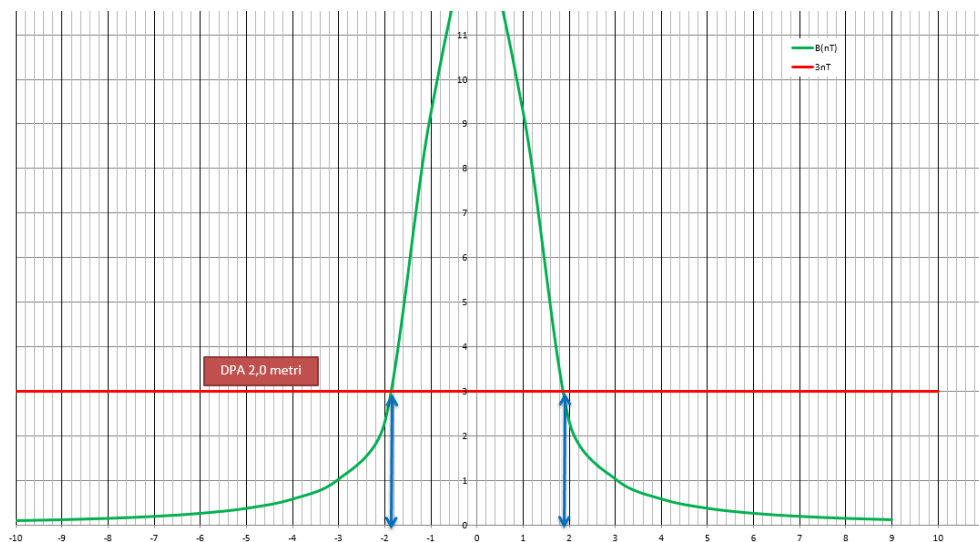


Fig. 5.6 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S5

Cavidotto MT doppia terna da 240 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

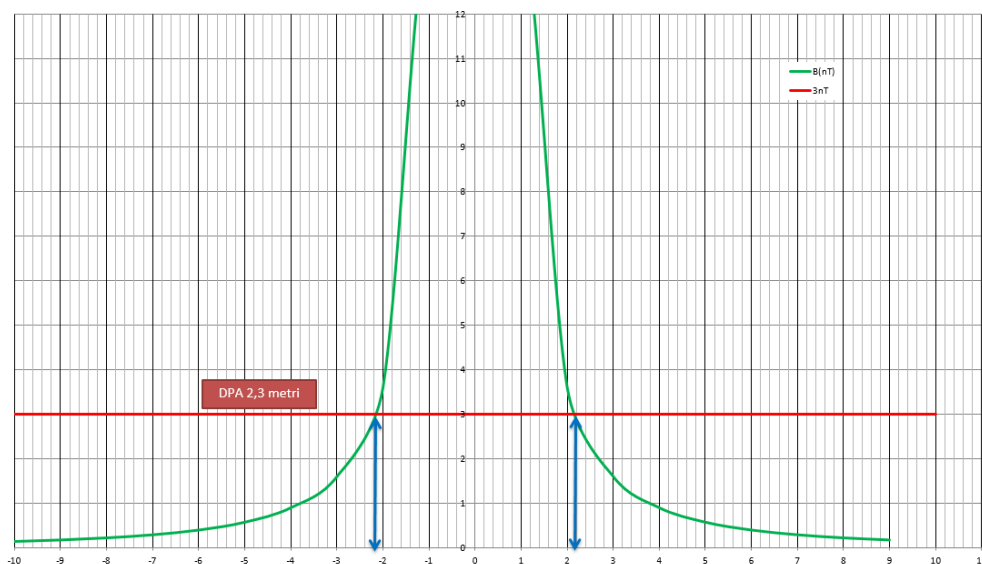


Fig. 5.7 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S6

Cavidotto AT terna da 1200 mm², interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

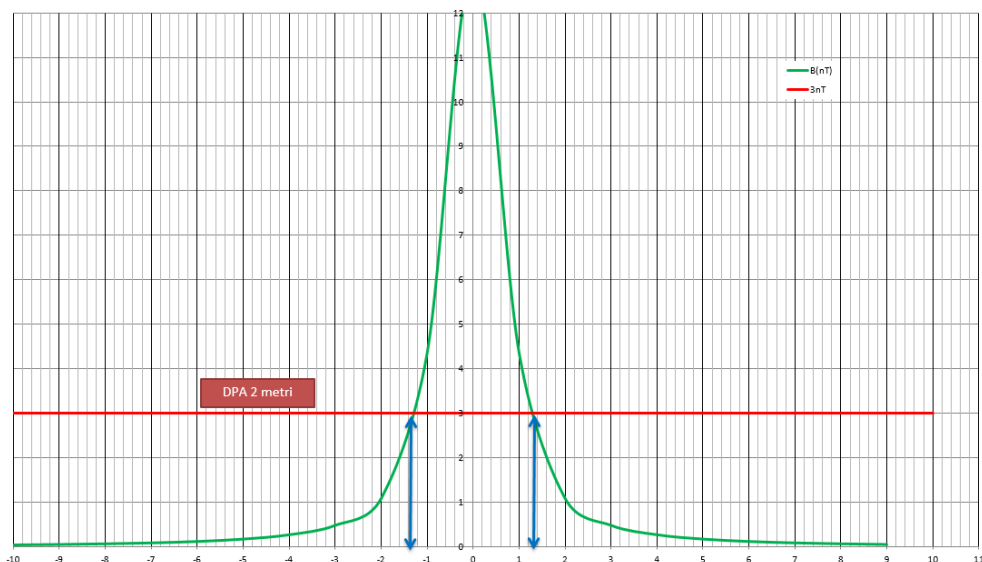


Fig. 5.8 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori relativa alla simulazione S7

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT e AT di progetto si esplicita nell'individuazione di una distanza che origina dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e termina nel punto, individuato sul suolo, il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T:

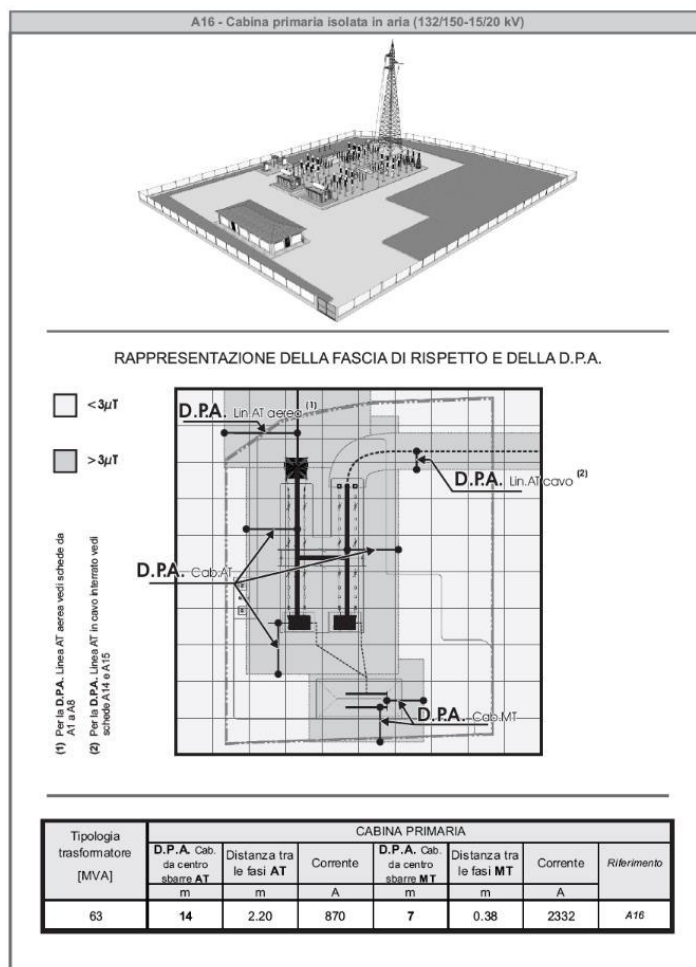
Caso di studio	N° terne	Sezioni	Tipologia cavo	Tensione	DPA (m)
S1	1	3x1x95	Posa a trifoglio	30 kV	1
S2	1	3x1x240	Posa a trifoglio	30 kV	2
S3	1	3x1x95	Posa a trifoglio	30 kV	1
S4	2	2*[3x1x240]	Posa a trifoglio	30 kV	2
S5	2	2*[3x1x240]	Posa a trifoglio	30 kV	2
S6	2	2*[3x1x240]	Posa a trifoglio	30 kV	2,3
S7	1	3x1x1200	Posa a trifoglio	220 kV	2

Nella sottostazione elettrica sarà effettuata la trasformazione dell'energia prodotta, da media ad alta tensione ovvero da 30 a 220 kV.

La SE è costituita da un trasformatore AT/MT di potenza adeguata, da tutte le apparecchiature AT per la protezione dell'impianto e la misura delle tensioni e correnti, da tutte le apparecchiature elettriche di protezione e misura dell'impianto MT, apparecchiature BT per i servizi ausiliari e le relative strutture di tipo sostegno (monoblocco in cemento armato vibrato) oltre agli edifici di controllo e comando. In generale, i contributi maggiori al campo elettromagnetico intorno ad una sottostazione derivano dalle linee di potenza entranti e uscenti dalla stessa; il valore del campo elettromagnetico dovuto ai trasformatori diminuisce rapidamente con la distanza; oltre la recinzione della sottostazione, i campi elettromagnetici prodotti dagli equipaggiamenti posti all'interno della stessa sono tipicamente indistinguibili dai livelli del fondo ambientale. Il calcolo del campo elettrico e magnetico per una stazione elettrica

30/220 kV è stato effettuato sulle sbarre a 220 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.

Così come indicato nel documento "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 [Enel Distribuzione S.p.A. – Divisione Infrastrutture e Reti – QSA/IUN]", può essere presa in considerazione una DPA per le cabine primarie pari a: 14m.



I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 220 kV risultano i seguenti:

Altezza delle sbarre: 7.0 m;

Distanza tra le sbarre: 2.2 m;


Valore efficace della corrente delle sbarre: 870 A;

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

Altezza delle sbarre: 1.6 m;

Distanza tra le sbarre: 0.37 m;

Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;

	Rel.18: Relazione Campi Elettromagnetici	Data: 24/04/2020 Rev. 00
---	--	-----------------------------

Dunque, dato che le correnti sono minori di quelle indicate da E-Distribuzione nella ipotesi di DPA 14 metri e 7 metri, a vantaggio di sicurezza, si può considerare come DPA la stessa indicata da E-Distribuzione spa.

6. Conclusioni

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

- per i cavidotti di collegamento in MT del parco la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto;
- per la stazione elettrica 220/30 kV la distanza di prima approssimazione è stata valutata in 14 m per le sbarre in AT e 7 m per la cabina MT; si noti che tali DPA ricadono all'interno della recinzione della stessa stazione 220/30 kV.

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 all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

Pertanto, 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 le opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto eolico rispetta la normativa vigente.