

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI
UN PARCO AGROVOLTAICO

Comune di

RAMACCA (CT)

Località "Pizzo Incaria"

**A. PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

OGGETTO

Codice: ITS_LBT02	Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs 387/2003 e D.Lgs 152/2006
N°Elaborato: A8	Relazione valutazione esposizione lavoratori a campi elettromagnetici

Tipo documento	Data
Progetto definitivo	Aprile 2023

Progettazione



Progettisti

Ing. Vassalli Quirino



Ing. Speranza Carmine Antonio



Proponente



ITS TURPINO S.r.l.
Via Sebastiano Catania
n°317 - 95123 Catania
P.IVA 05766360878

Rappresentante legale

Emmanuel Macqueron

REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	Aprile 2023	Emissione PUA	AC	QI	QI

ITS_LBT02_A8_Relazione valutazione esposizione lavoratori a campi elettromagnetici.doc	ITS_LBT02_A8_Relazione valutazione esposizione lavoratori a campi elettromagnetici.pdf
--	--

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	INTRODUZIONE.....	3
3.	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
4.	INQUADRAMENTO DELL'AREA E DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	8
5.	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	9
5.1.	CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI.....	9
5.1.1.	<i>Moduli fotovoltaici.....</i>	9
5.1.2.	<i>Inverter.....</i>	9
5.1.3.	<i>Cavi interrati.....</i>	9
5.1.4.	<i>Cabine elettriche di impianto.....</i>	11
5.1.5.	<i>Sottostazione Elettrica.....</i>	12
6.	SINTESI.....	13

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di valutare e descrivere l'impatto elettromagnetico derivante dalla realizzazione del progetto fotovoltaico proposto dalla società ITS TURPINO Srl, ed ubicato in agro del comune di Ramacca (CT), ed alle opere ad esso connesso.

Nella presente relazione si determinano i campi elettromagnetici generati e le distanze di rispetto oltre le quali risultano soddisfatti i limiti e gli obiettivi di qualità imposti dalla normativa vigente, verificando che all'interno di tali fasce di rispetto non siano presenti luoghi tutelati.

2. INTRODUZIONE

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica è caratterizzata da un campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il campo elettrico e l'induzione magnetica. Il primo, misurato in V/m , dipende dall'intensità e dal voltaggio della corrente mentre, l'induzione magnetica, che si misura in μT , dipende dalla permeabilità magnetica del mezzo. Il rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità del mezzo individua il campo magnetico.

Le grandezze caratterizzanti il campo elettrico ed il campo magnetico sono in generale correlate, fatta eccezione per i campi a frequenze molto basse, per le quali il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati indipendenti.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffuzioni, assorbimento, ecc.

La diffusione del campo elettromagnetico può comunque essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

Nel presente documento si esaminano le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione del progetto fotovoltaico proposto, con particolare riguardo alla generazione di campi elettromagnetici a bassa frequenza. Tutte le componenti del progetto operano, infatti, alla frequenza di 50 Hz, coincidente con la frequenza di esercizio della rete di distribuzione elettrica nazionale.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per la valutazione della compatibilità elettromagnetica delle opere, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti normativi:

- *DPCM 8/7/2003* "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";
- *L. n. 36 del 22/02/2001* "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- *DPCM 23/04/1992* "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno;
- *Norma CEI 211-4* "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 Maggio 2008.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si è fatto riferimento al documento, reso disponibile liberamente in rete, prodotto da Enel Distribuzione ed intitolato "Linee guida per l'applicazione dell'Allegato al D.M. 29.05.08", in cui si riportano le fasce di rispetto per i più diffusi tipi di cavidotti interrati ed aerei.

La *legge del 22 febbraio 2001, n. 36* fornisce le principali definizioni tecniche:

- L'art. 3, comma 1, lettera b) definisce il limite di esposizione come "*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)*", mentre alla lettera c) il valore di attenzione come "*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*".

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.

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.

- l'art. 4, comma 2, lettera a) 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.

Il *DPCM del 23 aprile 1992* disciplina i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Il successivo *DPCM dell'8 Luglio 2003* stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

In estrema sintesi l'atto normativo DPCM del 23 Aprile 1992 individua i seguenti limiti massimi di esposizione:

- 5 kV/m e 100 μ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui gli individui trascorrono una parte significativa della loro giornata;
- 10 kV/m e 1000 μ T, rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l'esposizione sia ragionevolmente limitata a poche ore al giorno.

Il decreto definisce anche le distanze di rispetto dagli elettrodotti aerei da 132 kV, 220 kV e 380 kV, rispetto ai fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati.

Nel caso di esposizione a sorgenti operanti alla frequenza nominale di 50 Hz, il limite di esposizione all'induzione magnetica è pari a 100 μ T, mentre il limite di esposizione al campo elettrico è pari a 5 kV/m.

Frequenza 50 Hz	Intensità di Campo Elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μ T)
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Limiti sull'esposizione a campi elettromagnetici a 50 Hz indicati dal DPCM dell'8 Luglio 2003

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto fotovoltaico in oggetto, trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 40'000 kW).

Il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Intervallo di Frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità di Campo Elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità di Campo Magnetico (A/m)	Densità di Potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
----------------------------------	--	--	---

0.1 - 3	60	0.5	-
≥ 3 - 3000	20	0.05	1
≥ 3000 - 300000	40	0.01	4

Tabella 1 - Limiti di esposizione di cui all'art. 3 del DPCM 8 luglio 2003

Intervallo di Frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità di Campo Elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità di Campo Magnetico (A/m)	Densità di Potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 - 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz - 300 GHz)

Tabella 2 - Valori di attenzione di cui all'art. 3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Intervallo di Frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità di Campo Elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità di Campo Magnetico (A/m)	Densità di Potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 - 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz - 300 GHz)

Tabella 3 - Obiettivi di qualità di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo, il DPCM dell'8 luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

4. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'iniziativa proposta dalla ITS TURPINO Srl, prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica, da realizzarsi nel Comune di Ramacca (CT), in località "Pizzo Incaria".

I terreni su cui è progettato l'impianto ricadono nella porzione del territorio comunale di Ramacca, per la precisione a nord-ovest dei centri abitati di Ramacca, Giumarra e Castel di Judica da cui dista (in linea d'aria) rispettivamente 16, 7 e 6 km circa, a nord-est del centro abitato di Raddusa da cui dista (in linea d'aria) circa 6 km ed infine a sud del centro abitato di Libertinia da cui dista (in linea d'aria) circa 440 m, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali o case sparse. Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita da strade provinciali e comunali.

Il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico della potenza di circa 40 MW. L'impianto fotovoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, per mezzo di apposite strutture di fissaggio, su un lotto attualmente a destinazione agricola condotti a seminativo, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria fino a 665 Wp.

I pannelli fotovoltaici saranno montati su strutture di supporto in acciaio zincato, che saranno infissi nel terreno, e che consentiranno l'orientamento e l'inclinazione dei moduli fotovoltaici secondo le indicazioni progettuali.

L'impianto sarà corredato di:

- N°8 cabine di campo, ciascuna contenente un locale inverter, un locale trafo MT ed un locale per le apparecchiature MT;
- una cabina di sezionamento contenente le apparecchiature MT ed una control room;
- una cabina di consegna contenente le apparecchiature MT ed una control room;
- un cavidotto di collegamento tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione elettrica MT/AT;
- una sottostazione di trasformazione utente MT/AT.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29 Maggio 2008, le DPA per le opere sopra dette.

5. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1. Campi elettromagnetici generati

5.1.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

5.1.2. Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)), quindi gli inverter di progetto avranno emissioni certificate e conformi alla normativa vigente. Quindi anche per gli inverter le emissioni saranno poco significative ai fini della presente valutazione, come tra l'altro si riscontra facilmente dalla normativa di settore.

5.1.3. Cavi interrati

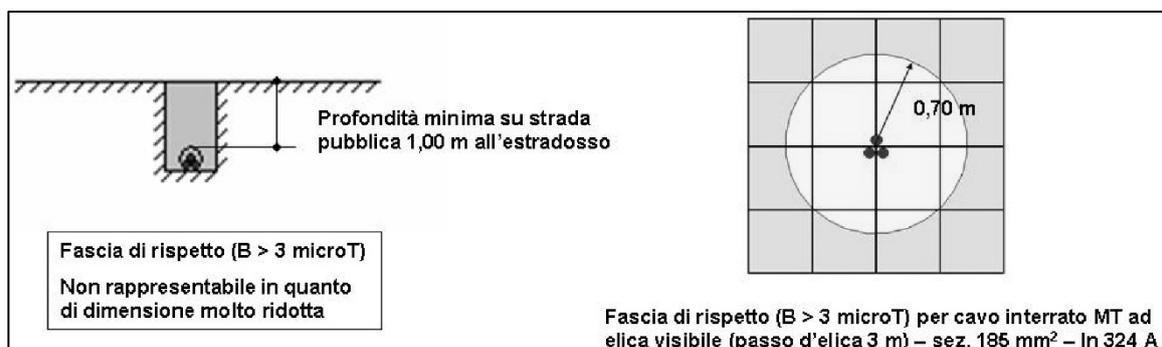
L'impianto fotovoltaico presenta un cavidotto con tensione pari a 30 kV e lunghezza di circa 6,5 km, che collega l'impianto fotovoltaico sito in località "Pizzo Incaria" alla futura sottostazione elettrica di trasformazione e consegna da collocare nel comune di Ramacca (CT), ed uno a 150 kV, lungo poche decine di metri, che collega la stazione di trasformazione e consegna al punto di connessione.

In entrambe i casi la DPA è stata determinata facendo riferimento alla citata guida prodotta da Enel.

Nel caso dei cavi in media tensione, presentano le seguenti caratteristiche:

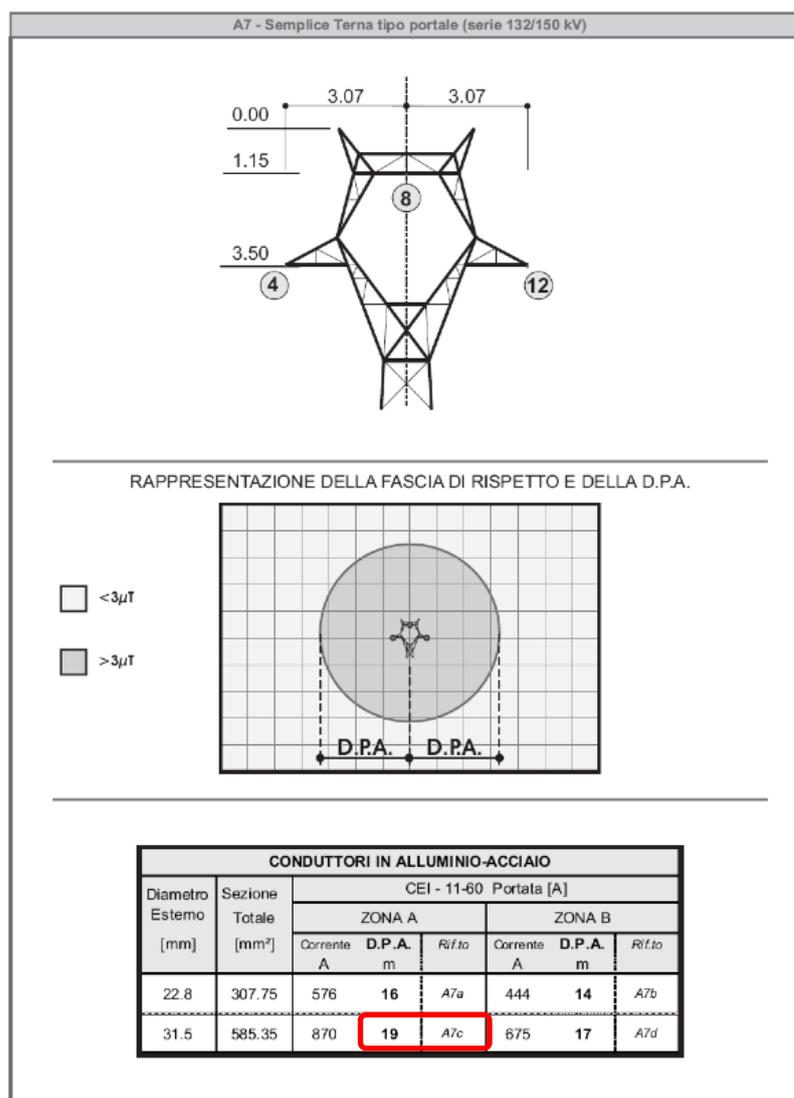
Tipo di linea	Interrata
Numero conduttori attivi	3
Tipo di cavo	cavo cordato ad elica
Tensione nominale	30 kV
Profondità interrimento	1,2 m

Le linee in cavo interrato disposto a trifoglio come quella in esame hanno ampiezza molto ridotta e pari a circa 0,7 m; quindi, inferiore alla profondità di interrimento del cavo che è di 1,2 m, e pertanto questa tipologia di elettrodotto rispetta i limiti di inquinamento previsti dalla normativa.



Estratto della guida di Enel sul calcolo della DPA: cavi in media tensione interrati

Nel caso invece dei cavi in alta tensione, la guida di Enel stima una DPA di 19 metri (vedasi estratto di seguito); questo cavo transita nella fascia di rispetto della stazione RTN, e non vi sono luoghi tutelati al suo interno.



Estratto della guida di Enel sul calcolo della DPA: cavi in alta tensione aerei

5.1.4. Cabine elettriche di impianto

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di campo, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT. In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 2500 kVA collocati nelle cabine di trasformazione. La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al *DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1*, l'ampiezza delle Distanza di Prima Approssimazione (DPA) si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal

trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap. 5.2.1 del DM, e cioè:

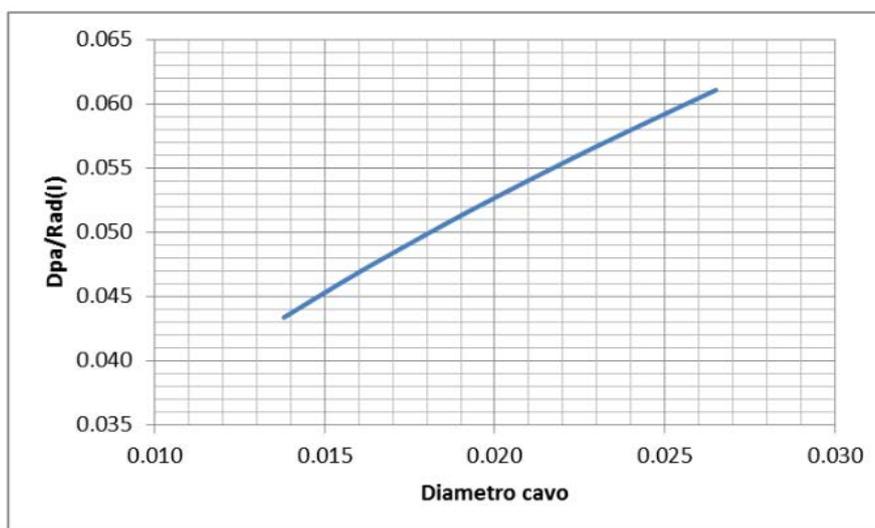
$$\text{Equazione della curva: } \frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0.40942 \cdot x^{0.5241}$$

dove:

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m];

I = Corrente nominale [A];

x = Diametro dei cavi [m].



Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi

Considerando che $I = 2'890$ A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è $3(6 \times 240)$ mm², con diametro esterno pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

D'altra parte, nel caso in questione le cabine di campo sono posizionate all'aperto, all'interno dell'area recintata e normalmente non è permanentemente presidiata.

La stessa DPA si applica anche per le cabine di campo contenenti i due trafo da 2500 kVA.

5.1.5. Sottostazione Elettrica

Nel futuro sottostazione elettrica di trasformazione in consegna, da realizzare in agro del comune di Ramacca (CT), la tensione verrà innalzata da 30 a 150 kV per l'immissione sulla

RTN in alta tensione. La principale fonte di inquinamento elettromagnetico è il trasformatore da 25 MVA, a cui si aggiungono attrezzaggi in media ed alta tensione.

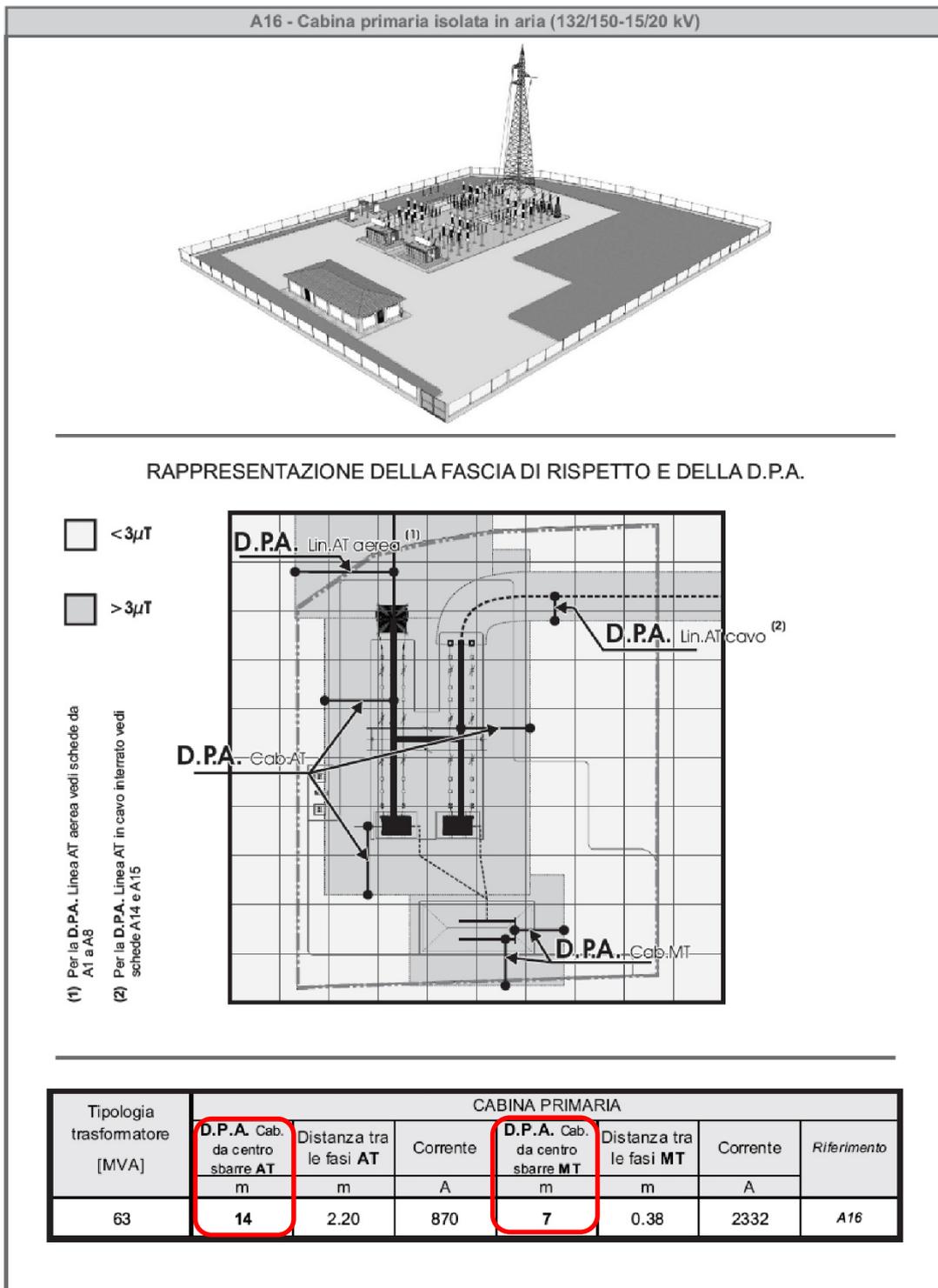
Per la determinazione della DPA si può fare riferimento alla citata guida prodotta da Enel, la quale fornisce un valore precalcolato per una stazione con trasformatore da 63MVA (essendo la potenza più del doppio di quella del trasformatore in esame, questa scelta risulta essere molto cautelativa). Come si vede dall'estratto riportato a seguire, la DPA risulta essere di 14 metri dagli impianti in alta tensione e di 7 metri da quelli in media tensione. Poiché la recinzione al servizio della stazione ha dimensioni circa 25 x 45, e gli impianti in alta tensione sono collocati circa al centro, risulta che la DPA risulta quasi completamente interna al perimetro della stazione, e comunque molto distante dai primi fabbricati abitati posti come detto a diverse centinaia di metri.

6. SINTESI

Scopo del presente documento è stata la verifica del rispetto dei requisiti normativi in merito alla tutela da inquinamento elettromagnetico.

Dopo aver fornito i principali riferimenti normativi, per ognuno dei principali componenti in grado di generare campi elettromagnetici sono state determinate, parte mediante calcolo e parte facendo riferimento ai dati disponibili in letteratura, le distanze minime di sicurezza, verificando il rispetto delle distanze dai luoghi tutelati.

Da quanto sopra esposto, si può dunque concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge e che pertanto risulta essere trascurabile o nullo l'impatto del campo elettromagnetico generato dalla realizzazione delle opere elettriche connesse al parco fotovoltaico in progetto.



Estratto della guida di Enel sul calcolo della DPA: sottostazioni di trasformazione in alta tensione