

Regione Puglia



Provincia di Brindisi



Comune di Brindisi

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO
E OPERE CONNESSE
(Potenza Impianto Fotovoltaico 25MW)**

BR_AS_AUR 4 – RELAZIONE DI VERIFICA ESPOSIZIONE CAMPI MAGNETICI

Committente:		Engineering:	
ACEA SOLAR s.r.l. Piazzale Ostiense n.2 00154 Roma (RM)		 ACEA SOLAR SRL	
			
Il Tecnico		Revisioni	DATA
			
		Iter Autorizzativo	Feb/2023
Descrizione	Relazione Campi Elettromagnetici		
Commessa	BR-AGRIAIA		

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	7
<u> </u> 3.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO.....	7
<u> </u> 3.1.1 MODULI AGRIVOLTAICI	7
3.1.2 INVERTER	7
3.1.3 Linee elettriche in corrente Alternata Linee elettriche interne al campo agrivoltaico.....	7
<u> </u> 3.1.4 Cabine di conversione (Inverter Station)	10
4. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE	11
<u> </u> 4.1.1 STAZIONE ELETTRICA D'UTENZA.....	11
<u> </u> 4.1.1 SORGENTI SPECIFICHE	12
5. CONCLUSIONI.....	15

1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agrivoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale a cui è legato il progetto di seguito descritto e la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica nel Comune di Brindisi (BR).

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade nel territorio comunale di Brindisi in Località Masseria Restinco, posizionata ad una distanza di circa 4,5 km in direzione Ovest rispetto al nucleo urbano di Brindisi, a nord della Strada Statale n. 7, ad ovest rispetto alla Strada Provinciale n.43 e ad una distanza di ca. 5 Km dalla Stazione Elettrica RTN 150/380 kV di Brindisi, in una zona occupata da terreni agricoli e distante quindi 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 agrivoltaico della potenza di 25 MW.

Il sistema di generazione nella sua interezza è composto da 41.675 moduli, ciascuno da 600Wp, per una potenza nominale complessiva di 25.005 kWp e da 8 inverter con potenza nominale in uscita complessiva di 24.000 kVA (a temperatura ambiente di 25°C).

I complessivi 41.675 moduli FV, saranno disposti in file su strutture tracker, costituenti 1 stringa da 25 moduli FV ciascuna, così come riportato negli schemi elettrici e Layout, facenti parte del presente progetto.

Gli inverter in progetto hanno tensione di uscita pari a 650V, essi saranno collegati ai trasformatori BT/MT, all'interno di 4 Power Station disposte in posizione baricentrica rispetto alle stringhe collegate, al fine di contenere la caduta di tensione.

I cablaggi AC in BT saranno disposti in cavidotti interrati, i cavi in MT, che collegheranno ad anello le cabine di conversione, saranno anch'essi interrati. L'impianto sarà dotato di una centrale di comunicazione per il monitoraggio, diagnosi a distanza, memorizzazione e visualizzazione dei dati; essa raccoglie continuamente i dati degli inverter e, come data-logger, offre la possibilità di visualizzare i dati e di archivarli per ulteriori elaborazioni. Sono

previsti, inoltre, i sensori che permettono, grazie alla cella solare integrata per la misurazione dell'irraggiamento e alla sonda per la misurazione della temperatura dei moduli, di calcolare la potenza nominale e compararla con quella effettivamente misurata degli inverter, verificando lo stato di efficienza dell'impianto. I sensori potranno essere collegati tramite la connessione seriale RS 485 al Data Logger, da cui è possibile trasmettere i dati a un PC per ulteriori analisi.

Saranno installati in numero adeguato, quadri di parallelo stringhe, con grado di protezione IP65, i quali saranno posizionati anch'essi in modo baricentrico rispetto alle loro stringhe di pertinenza e protetti rispetto all'irraggiamento diretto.

La linea ad anello di MT che collegherà le 4 cabine di conversione, farà capo ad un quadro generale MT di impianto che sarà installato in una cabina elettrica principale denominata Main Station, dove troverà luogo anche il sistema generale di monitoraggio.

Le linee elettriche di potenza in cc che hanno origine dai moduli fotovoltaici, sono di tipo solare. In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si fa riferimento sono:

- 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";
- Legge n. 36 del 22/02/2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08" emanata da ENEL Distribuzione S.p.A.;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8/07/2003" (Art.6).

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi

elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i 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.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

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 μT per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"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." [art. 3, comma 2];

"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 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è dunque quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μT 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 FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione.

Come detto, 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/m2)
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/m2)
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/m2)
--------------------------------------	--	--	--

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 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente.

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

3. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

3.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

3.1.1 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.

3.1.2 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. Di conseguenza 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.

3.1.3 Linee elettriche in corrente Alternata Linee elettriche interne al campo

agrivoltaico

Per lo studio e la valutazione dei campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti interrati con tensione di esercizio 30 kV, sono state individuate le caratteristiche dei cavidotti interni al campo agrivoltaico:

Tipo di linea	Interrata
Numero conduttori attivi	3
Tensione nominale	30 kV
Profondità interramento	1,1 m
Corrente risultante massima, suddivisa per collegamento ad anello	253 A

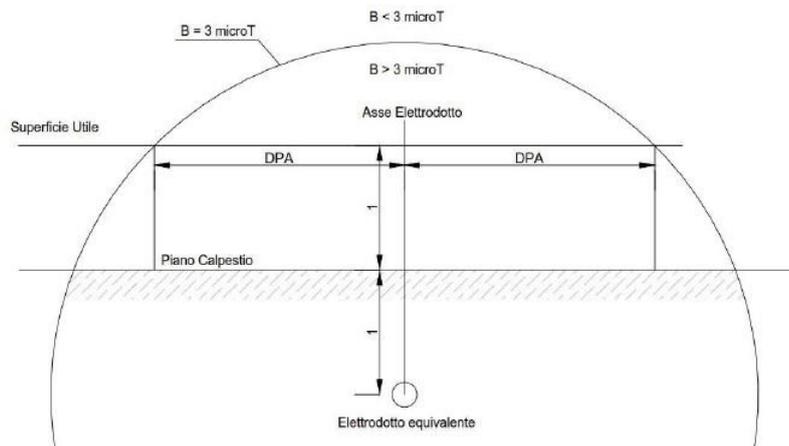
Per le condutture in cavo in M.T. a 30 kV, interne al campo, la posa direttamente interrata avverrà ad una profondità media di 1,1 metri utilizzando cavi del tipo ARP1H5EX o ARG7H1RX 18/30 kV in alluminio. Lungo tutti gli scavi che ospitano le condutture in M.T. a 30 kV è prevista la posa di una corda in rame nudo da 35 mm² per il collegamento degli impianti di terra di tutti gli inverter tra loro e alla maglia di terra della cabina di consegna.

Per le tratte realizzate all'interno del campo agrivoltaico, tenuto conto del fatto che verranno posate più linee elettriche all'interno dello stesso scavo, è stato applicato il principio di sovrapposizione degli effetti, per cui le linee in questione sono state considerate equivalenti ad un unico elettrodotto con corrente di impiego pari alla risultante vettoriale delle correnti di impiego dei singoli elettrodotti considerati.

Il calcolo dei campi elettrici è risultato inutile, in quanto il cavo elettrico risulta già schermato, annullando di fatto il suo valore all'esterno del cavo stesso.

Per il calcolo del campo magnetico è stata seguita la metodologia illustrata nella guida di cui alla Norma CEI 211-4, considerando come superficie utile quella posta ad un'altezza di 1 m dal piano di calpestio e valutando la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) ossia la distanza dalla proiezione dell'asse dell'elettrodotto sul piano di calpestio, approssimata al metro per eccesso, alla quale, secondo la predetta guida si può affermare che il campo magnetico risulta inferiore al valore di 3 µT previsto dal DPCM 8 Luglio 2003 come obiettivo di qualità.

Di seguito si riporta l'illustrazione geometrica di quanto appena descritto:



Infatti applicando tale metodo emerge che per le tratte interne non è prevista alcuna fascia di rispetto in quanto il valore dell'induzione magnetica in corrispondenza dell'asse dell'elettrodotta è inferiore al valore di $3 \mu\text{T}$, difatti la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche in condizioni limite, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50\div 80$ cm) dall'asse del cavo stesso.

Vi è più che il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi *elicordati*, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi *elicordati* si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

Linee elettriche esterne al campo agrivoltaico

I cavi che saranno utilizzati per il collegamento tra la cabina di consegna (all'interno della recinzione) e la stazione di utenza oltre ad essere elicordati saranno anche schermati, per cui, anche in questo caso, non ha alcun senso il calcolo del campo elettrico in quanto, lo schermo annulla di fatto il valore di campo elettrico all'esterno del cavo stesso.

Applicando la stessa metodologia di calcolo illustrata dalla Norma CEI 211-4 sopra riportata, al cavidotto da qui si ha una DPA pari a 4 m considerando la corrente di impiego.

3.1.4 Cabine di conversione (Inverter Station)

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 al trasformatore di potenza da 2x3000 kVA collocati nelle cabine di trasformazione. La presenza dei trasformatori 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 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:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

- DPA= distanza di Prima Approssimazione (m)
- I= Corrente Nominale (A)
- x= diametro dei cavi (m)

Considerando che un singolo trasformatore ha come corrente nominale sul lato BT una I_n max, di 5570A, e che in uscita verso gli inverter ha dei barraggi in rame 2x3x2000mmq, ma in accordo alla formula sopra, per prendere in esame un diametro, diamo per assunto il fatto che i collegamenti siano in cavo, quindi come formazione sul lato BT del trasformatore avremo 10x3x(x240) mm². Il diametro esterno del cavo tipo FG16OR16 è pari a circa 29,2mm per singolo conduttore, applicando la formula sopra, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero di 1,5 m.

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

3.1.5 Cabina elettrica di consegna e Main Station

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT di consegna, che sarà situata nella nuova SSE e la Main Station del campo agrivoltaico.

A questa ultima, confluiscono i cavidotti MT collegati ad anello, provenienti dalle Power Station, all'interno di tali cabine, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari. La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 153A.

Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 486A.

Considerando che il cavo scelto in uscita dalla cabina di consegna ha tipologia ARP1H5RX, come detto e formazione di 2x(3x1x300), con un diametro esterno massimo pari per il conduttore pari a 39 mm per singolo conduttore, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 1 m, (le cabine normalmente non sono presidiate).

4. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

4.1 STAZIONE ELETTRICA D'UTENZA

Per la connessione della cabina di impianto alla linea RTN a 150 kV è necessaria la realizzazione di una Stazione Elettrica di Utenza. A seconda del mezzo isolante utilizzato, possono essere realizzate due tipi di sottostazioni elettriche: quelle isolate in aria (AIS, Air Insulated Switchgear) e quelle isolate con gas esafluoruro di zolfo (GIS, Gas Insulated Switchgear). Per la realizzazione del progetto, sarà proposta la realizzazione di una sottostazione di tipo AIS. Nella Stazione Elettrica di Utenza la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV. La cabina nella stazione di utenza ospita il modulo MT ed il modulo AT, con le celle MT (ricezione linea, interfaccia e contatori) ed il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina, nonché il sistema computerizzato di gestione dell'impianto. Le cabine ad alta tensione (cabina di impianto) sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono – oltre che dall'intensità di corrente di esercizio – dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella cabina stessa.

Tutte le apparecchiature ed i componenti saranno conformi alle relative Specifiche Tecniche di TERNA S.p.A. Le opere in argomento saranno in ogni caso progettate, costruite e collaudate in osservanza alla regola dell'arte dettata, in particolare, dalle più aggiornate:

- disposizioni nazionali derivanti da leggi, decreti e regolamenti applicabili, con eventuali aggiornamenti, con particolare attenzione a quanto previsto in materia antinfortunistica;
- disposizioni e prescrizioni delle Autorità locali, Enti ed Amministrazioni interessate;
- norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore, con particolare attenzione a quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/150 kV, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA come previsto dalla „Linea Guida per l'applicazione del 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08” emanata da ENEL Distribuzione S.p.A.):

1. Sbarre A.T. a 150 kV in aria;
2. Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Resta inteso che le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., trasformatori A.T./M.T., apparecchiature in B.T., ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

4.1.1 SORGENTI SPECIFICHE

In riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/150 kV, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA come previsto dalla „Linea Guida per l'applicazione del 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08” emanata da ENEL Distribuzione S.p.A.):

1. Sbarre A.T. a 150 kV in aria;
2. Trasformatore elevatore 30/150kV 100MVA;

Resta inteso che le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., apparecchiature in B.T., ecc.), all'interno della SSE, sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

SBARRE A.T. A 150 KV IN ARIA

Le caratteristiche relative a tale sorgente di emissione sono le seguenti:

Tipo conduttura	Sbarre in aria
Numero conduttori attivi	3
Tensione nominale tra le fasi	150 kV
Tensione nominale verso terra	86,6 kV
Altezza minima	4,5 m
Disposizione dei conduttori	In piano

Interasse tra i conduttori	2,2 m
Portata conduttori	870 A
Corrente di impiego	93 A
Limite di esposizione campo magnetico	3 μ T
Limite di esposizione campo elettrico	5 kV/m

Per il calcolo del campo elettrico è stata seguita la metodologia illustrata nella guida di cui alla Norma CEI 211-4, considerando una superficie utile posta prima ad un'altezza di 1 m dal piano di calpestio e successivamente a 2 m dal piano di calpestio (valutazione in corrispondenza di punti in cui è possibile la presenza di un essere umano). Nella tabella che segue, che riassume i risultati ottenuti dai calcoli del campo elettrico, i valori di x ed y sono espressi in metri e si riferiscono alle due coordinate di un sistema di coordinate cartesiane (x=asse orizzontale e y=asse verticale) posto sul piano di sezione delle Sbarre A.T. avente origine sul piano di calpestio ed in corrispondenza dell'asse di simmetria delle sbarre stesse. Data la simmetria del sistema è stato sufficiente il calcolo in una sola direzione lungo l'asse x.

I calcoli eseguiti hanno fornito i seguenti risultati per il campo elettrico:

X (m)	Y (m)	E (kV/m)
0	1	2,15
1	1	2,95
2	1	3,54
3	1	3,70
4	1	3,44
5	1	2,90
0	2	4,26
1	2	4,22
2	2	4,41
3	2	4,46
4	2	3,97
5	2	3,15

Dai risultati sopra riportati risulta evidente che anche nel punto più sfavorevole (cioè sotto le

Sbarre A.T.) il valore del campo elettrico risulta inferiore al limite di 5 kV/m previsto dalla normativa vigente, pertanto tali fonti di emissione non richiedono alcuna fascia di rispetto.

Per il calcolo del campo magnetico è stata seguita la metodologia illustrata nella guida di cui alla Norma CEI 211-6, “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”, considerando come superficie utile quella posta ad un’altezza di 1 m dal piano di calpestio, valutando la DPA, cioè la distanza dall’asse dell’elettrodotto, approssimata al metro per eccesso, alla quale il campo magnetico risulta inferiore al valore di 3 µT previsto dal DPCM 8 Luglio 2003 come obiettivo di qualità.

L’impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto dalle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo, le apparecchiature elettromeccaniche e l’eventuale area TERNA , comunque non applicabile in questa situazione.

L’impatto generato dalle sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si propone il calcolo della fascia di rispetto dalle sbarre AT.

Le sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un’altezza di circa $\geq 4,5$ m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame abbiamo:

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m
- Pn = Potenza massima dell’impianto (20 MW)
- Vn = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV)

Pertanto si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 93A$$

La guida CEI 106-11 propone una serie di formule analitiche approssimate, applicabili senza l’uso di software, che permettono il calcolo immediato dell’induzione magnetica ad una data distanza dal baricentro dei conduttori della linea elettrica. Risultano formule molto utili per effettuare analisi approssimate (ma piuttosto precise) e soprattutto immediate delle fasce di rispetto. Tali formule, a causa della loro origine, hanno una validità tanto maggiore quanto più è elevata la distanza dai conduttori. Per le linee aeree prendiamo in considerazione la tipologia a semplice terna con conduttori disposti in piano. La formula da applicare è la seguente:

$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{3} \text{ [}\mu\text{T]}$$

dove P [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i conduttori esterni e quello centrale), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per $R \gg P$). Rovesciando la logica, è anche possibile calcolare la distanza R' dal baricentro dei conduttori, alla quale l'induzione magnetica si riduce al valore dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(2,2 * 93)} = 4,8 \text{ m}$$

Valore inferiore alla distanza dal baricentro delle sbarre stesse dal perimetro della SSE (distanza minima dalla recinzione circa 10 m), e di fatto pari all'altezza delle stesse sbarre (come detto pari a 4,8 m).

5. CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati mediante l'uso di cavi *elicordati*, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Per quanto concerne i

tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 3 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le Inverter Station l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 5000 kVA), già a circa 4,8 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina di consegna, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di 4 ore al giorno e che l'intera area dell'impianto agrivoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

In conclusione, riguardo la SSE elevatrice, si può affermare che:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della SSE di trasformazione in progetto;
- la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 500 m.
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della cabina di trasformazione è trascurabile e pertanto essere considerato non significativo.

ALLEGATO "A"

