



IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 42 MWp

Comuni: Montorio nei Frentani- Ururi - Rotello

Provincia: Campobasso (CB)

Regione: Molise

PROPONENTE: PV ITALY 1 S.r.l.

Via Filzi Fabio, n. 7
20124 Milano (MI)
Pec:pv_italy1@pec.it
P.Iva: 11515530969



GRUPPO DI LAVORO:

Coordinamento sviluppo:

EMEREN ITALIA S.r.l.

Via Giorgio Giulini n.2
20123, Milano (MI)
Tel: 0282197048
P.Iva: 11670160966



Progettazione tecnica: Full Service Company S.r.l.

Via del Commercio n.14/A
60021, Camerano (AN)
Pec: fullservicecompany@legalmail.it
P.Iva: 02743840429



Progettazione tecnica opere di rete:

GSB CONSULTING S.r.l.

Via Passo Rolle n.9
20134, Milano (MI)
Pec: gbsconsultingsrl@pec.it
P.Iva: 11882750968



Aspetti ambientali e paesaggistici:

ARCADIS Italia S.r.l. Milan

Via Monte Rosa n.93
20194, Milano (MI)
Tel: 0200624665
P.Iva: 01521770212



Dott. Agronomo Alberto Massa Saluzzo: aspetti agronomici

Rev.	Data	Descrizione	Dis.	Contr.	App.
0	Mag.23	Progetto definitivo	B.B.	R.M.	G.S.

Nome Progetto:
Impianto Agrivoltaico Montorio 42.08 MWp

Codice Documento:
PVI1KMEPD010

Nome Documento:
Relazione campi elettromagnetici

Scala:
-



***RELAZIONE DI IMPATTO
ELETTROMAGNETICO***

***PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO 42 MW
MONTORIO dei FRENTANI – URURI - ROTELLO***

OX2 S.r.l.

VIA AFBIO FILZI, 7
20124 - MILANO (MI)
ITALIA

FULL SERVICE COMPANY S.r.l.

VIA DEL COMMERCIO, 14 A
60021 - CAMERANO (AN)
ITALIA

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI.....	7
4.1	GENERALITA'.....	7
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	9
5.1	ALGORITMO DI CALCOLO.....	9
5.2	PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO.....	9
5.3	PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO.....	10
6	CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO.....	11
6.1	MODULI FOTOVOLTAICI.....	11
6.2	INVERTER.....	11
6.3	LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MT.....	11
6.4	LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN AT.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
6.5	CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE 36kV.....	12
6.6	CABINE ELETTRICHE DI RACCOLTA CAVI AT 36 KV – QUADRI DI PARALLELO AT 36 KV.....	13
6.7	ALTRI CAVI.....	13
7	ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI.....	14
8	CONCLUSIONI.....	15

1 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agro-voltaico in oggetto e all'infrastruttura dell'elettrodotto in media tensione per il collegamento alla sottostazione Utente, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute 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. Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dell'impianto in oggetto.

L'impianto in progetto prevede 42,08 MW realizzato con moduli fotovoltaici della potenza di 670 Wp ciascuno. I moduli fotovoltaici saranno collegati a formare stringhe da 28 moduli in serie a 131 inverter di stringa della potenza nominale pari a 320 kW.

I pannelli saranno montati su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 50°.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di 13 cabine di trasformazione della potenza di 5.000 kVA per l'alloggiamento dei dispositivi di protezione e sezionamento AC/800 V, il trasformatore elevatore 0,8/36 kV e gli scomparti di protezione e sezionamento a 36 kV.

Le 13 cabine di trasformazione saranno collegate quindi ad una cabina di consegna a 36 kV dalla quale dipartirà una terna di cavi interrati 36 kV che collegherà l'impianto fotovoltaico alla cabina di consegna 36 kV nella titolarità di Terna, il tutto come da Soluzione tecnica minima generale elaborata da TERNA.

Per l'impianto saranno valutate, in particolare, le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti di collegamento 36 kV.

Si individueranno, in base al D.M. del MATTM del 29/05/2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione la condizione maggiormente significativa al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 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”.
- DL 9 aprile 2008 n.81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”.
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”.
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art.6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”.
- DM del MATTM del 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/02/01 n.36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del DPCM 08/07/2003.

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 μ T per l'induzione magnetica a 5 kV/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 μ T, 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 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].

Pertanto, l'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è 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 trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 40 MWp).

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 10 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:

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)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana
0.1-3	60	0.2	-
da 3 – 3000	20	0.05	1
da 3000 – 300000	40	0.01	4

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.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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

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

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Da ricordare, inoltre, che per le linee elettriche a 36 kV (linee interrate) esiste il DM 16/01/91 del Ministero dei Lavori Pubblici, il quale stabilisce per tali linee una distanza almeno di circa 3 mt dai fabbricati.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo.

Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (S.A.E.) per l'induzione magnetica, che è posta pari a 0.2 μ T (micro Tesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

Soprattutto per gli impianti fotovoltaici, che si pongono come sorgenti di energia pulita, rinnovabile, sostenibile ed ecologica, la S.A.E. diventa un parametro con il quale è utile confrontarsi per attestare una volta di più l'attenzione all'ambiente ed alla salute.

Per cui, per le valutazioni nell'ambito del presente studio, si è fatto riferimento ai limiti di cui al DPCM 8 luglio 2003.

4 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

4.1 GENERALITA'

L'impianto, denominato "Impianto Agrovoltaico Montorio", classificato come "Impianto non integrato" del tipo Agrovoltaico Integrato Ecocompatibile verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Rotello, Urori e Montori dei Frentani (CB). L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 36kV".

La potenza dell'impianto sarà pari a 42,08 MWp. La produzione di energia annua stimata è di 72.818 MWh e deriva da 62.804 moduli fotovoltaici.

I pannelli saranno montati su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 50°.

Il parco agrivoltaico oggetto della presente relazione sarà costituito da 13 sottocampi di potenza variabile fino a 5 MW.

Tutti i moduli saranno costituiti da pannelli di potenza pari a 670 Wp in monocristallino. Gli inverter di ciascun sottocampo saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all'interno di un box nella cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina. Nello specifico si avranno 13 trasformatori di elevazione 0.8/36 kV.

Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati per mezzo di un sistema di distribuzione ramificato 36kV in entra ed esci e si andranno ad attestare alla cabina di consegna e poi alla sottostazione Utente mediante un cavidotto interrato.

Per la modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l'impianto agrivoltaico, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 42 MW.

Gli impianti e le opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- Impianto elettrico di ciascun sottocampo per la produzione di energia elettrica;
- Rete di distribuzione AT 36 kV in cavo per la connessione delle cabine di trasformazione costituenti il parco agrivoltaico;
- Collegamento elettrico interrato AT 36 KV tra il parco agrivoltaico e la sottostazione utente in Alta Tensione 36 kV di futura realizzazione

I trackers, su cui sono montati i pannelli, sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione e sono mossi da un motorino magnetico passo-passo. Le strutture dei trackers sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale secondo l'asse Nord-Sud (mozzo), inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati per consentirne la rotazione lungo l'arco solare (asse Est-Ovest). Ogni tracker è dotato di un motorino a vite senza fine, che trasmette il moto rotazionale al mozzo. L'altezza al mozzo delle strutture è di 2,28 m dal suolo; l'angolo di rotazione del mozzo è di +/- 50° rispetto all'orizzontale. La motorizzazione del mozzo è alimentata da un kit integrato comprendente un piccolo modulo fotovoltaico dedicato, una batteria di accumulo e non necessita di alimentazione esterna.

Gli inverter della potenza nominale pari a 320 kW saranno collocati al di sotto delle bancate dei pannelli.

Le cabine di trasformazione hanno dimensioni approssimative di 12,00 x 2,50 x 3,00 m e sono costituite da un container prefabbricato con scomparti per l'alloggiamento degli arredi di cabina (interruttori, quadri, trasformatori BT0.8/36 kV, cavedi).

I cavidotti delle linee BT sono tutti interni all'impianto agrivoltaico, mentre i cavidotti delle linee AT 36 kV sono esterni all'impianto. Per le sezioni di scavo dei cavidotti BT e AT si rimanda ai relativi elaborati.

5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 ALGORITMO DI CALCOLO

I campi ELF sono quelli a frequenza inferiore a 300 Hz. La frequenza industriale di 50 Hz è quella tipica della produzione, distribuzione e impiego dell'energia elettrica in Italia e in Europa. In questo caso si tratta più propriamente di campi elettrici e campi magnetici, poiché essi si manifestano come agenti fisici separati.

I campi ELF possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo la cui applicazione richiede la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare, serve conoscere:

- le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione nello spazio, altezza da terra);
- le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente e disposizione delle fasi);
- la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

Gli algoritmi di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea composta da un certo numero di conduttori attivi, si rifanno direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicato dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996. Il modello consente di calcolare i campi ELF in qualsiasi sezione trasversale della linea, considerando l'altezza reale dei conduttori nella sezione in esame.

5.2 PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO

Per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. Ovvero per ogni conduttore reale attivo andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

\vec{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i -esimo, le componenti x e y totali del campo elettrico prodotto nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

5.3 PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \vec{u}_I \times \vec{u},$$

dove:

- d è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- i versori u_i e u_r indicano, rispettivamente, il versore della corrente e della relativa normale;
- \times indica il prodotto vettoriale.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e come precedenza dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i -esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

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

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

Ai fini della valutazione dell'esposizione umana ai campi magnetici il parametro da considerare è il valore efficace del campo, che può essere calcolato come la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle componenti:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

Le formule approssimate della CEI 106-11 che utilizzate nella presente derivano dalle formulazioni sopra riportate.

6 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

6.1 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per tale motivo la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente, sia durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter sia durante l'accensione e lo spegnimento. Tuttavia, è bene specificare che tali transitori sono di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici, conforme alla norma CEI 82-8 (IEC 61215), non sono menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, in quanto assolutamente irrilevanti.

6.2 INVERTER

Il legislatore ha previsto che gli inverter, prima di essere introdotti nel mercato, debbano possedere le certificazioni necessarie a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni sia le ridotte emissioni, al fine di minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze e con la rete elettrica stessa (via cavo).

Dunque, gli inverter scelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12.

Inoltre, le norme sopra citate riguardano:

- I livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- I disturbi alle trasmissioni di segnale, che vengono eseguite dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Le variazioni di tensione e di frequenza: la propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e di frequenza, però, sono causate generalmente dalla rete stessa. Quindi si rendono necessari dispositivi con finestre di tensione e frequenza abbastanza ampie, allo scopo di evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto agrivoltaico;
- La componente continua immessa in rete: il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare, inoltre il dispositivo di interfaccia, relativo a ciascun inverter, interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica, concernenti i buchi di tensione, la cui durata tipica può essere al massimo pari a 3 s, sono dovute principalmente al coordinamento delle protezioni, effettuato dal gestore di rete locale.

6.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA 36 KV

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei valori dei campi elettrici e dei campi magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità di questi ultimi, fissato dalla legislazione sopra descritta a 3 μ T.

La tipologia di cavidotti all'interno ed all'esterno del campo agrivoltaico, prevede l'utilizzo di soli cavi trecciati e/o schermati, equivalenti dal punto di vista elettromagnetico a cavi elicordati; per questi ultimi vale quanto riportato nelle norme CEI 106-11 e CEI 11-17. In riferimento a quanto illustrato nella norma CEI

106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già in brevissima distanza (1,5m) dall'asse del cavo stesso.

Sono stati calcolati gli andamenti tipici dell'induzione magnetica per la portata in corrente in servizio normale (come definita dalla norma 11\60), considerata inferiore a due terne di conduttori percorsi da 350 A ciascuna. La mappa verticale dell'induzione magnetica evidenzia che il valore di 3 μ T è presente a qualunque quota ad 1,5 m di distanza dall'asse dell'elettrodotto. La semiampiezza della fascia di rispetto per le linee interne all'area dell'impianto risulta pertanto inferiore ad 1,5 m; le rare costruzioni risultano esterne alla fascia.

In prossimità delle costruzioni presenti lungo il tracciato dei raccordi in cavo interrato, l'induzione magnetica prodotta dall'impianto in progetto presso i ricettori sensibili sarà inferiore ad 1,1 μ T.

Il valore massimo del fondo magnetico rilevabile in prossimità delle stesse costruzioni risulterà inferiore a 0,5 μ T.

Pertanto in prossimità dei ricettori sensibili presenti lungo il tracciato dei cavi, il valore dell'induzione magnetico previsto, all'altezza di 1 m dal suolo con l'impianto fotovoltaico in esercizio, risulterà inferiore a 1,1 + 0,5 = 1,60 μ T

In prossimità delle cabine di sottocampo, della cabina di raccolta e dei collegamenti a 36 kV interni al parco fotovoltaico non sono presenti ricettori sensibili.

6.4 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE 36kV

Per quanto riguarda i componenti dell'impianti, sono da esaminare le cabine elettriche di trasformazione BT/AT, all'interno delle quali la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/AT. In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza massima pari a 5.000 kVA collocati nelle stesse cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT il più delle volte viene presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina. Nel parco agrivoltaico di progetto non sono previsti locali frequentati da addetti lavoratori in distanze minori delle DPA sotto calcolate. 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 considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica:

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

Dove:

- DPA= distanza di prima approssimazione (m)
- I = corrente nominale (A)
- x = diametro dei cavi (m)

Considerando che I = 3.600 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3x(6x240) mm², con diametro esterno di circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso al mezzo metro superiore, pari a 3,0m. Nel caso in questione, la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è presidiata,

tranne che per operazioni di manutenzione o per letture contatori di durata limitata nel tempo (operazioni di circa un'ora) e nell'anno (operazioni di frequenza massima mensile).

6.5 CABINE ELETTRICHE DI RACCOLTA CAVI AT 36 KV – QUADRI DI PARALLELO AT 36 KV

Infine, occorre verificare la cabina elettrica AT di parallelo (cabina di consegna), dove confluiscono i cavidotti AT provenienti dai gruppi delle cabine di trasformazione. Tale cabina è posizionata all'interno del campo A e all'interno di essa la principale sorgente di emissione è costituita dalle correnti dei quadri AT.

La massima corrente AT, dovuta alla massima produzione, è pari a circa 680 A.

Dall'esame della sbarra scelta in uscita dalla cabina di parallelo AT, rettangolare con dimensioni 30x20 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso al mezzo metro superiore, pari a 1,5m.

D'altra parte, anche nel caso in questione, la cabina normalmente non è presidiata.

6.6 ALTRI CAVI

Altri campi elettromagnetici, dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati, si possono trascurare, poiché le linee dati normalmente vengono realizzate in cavo schermato.

7 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di $3 \mu\text{T}$, sia in corrispondenza della cabina di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti esterni.

D'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette, gran parte delle quali si trovano interamente su percorso stradale e quindi si può certamente escludere la presenza continuativa di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La relativa DPA ha una ampiezza di 3 m dalla mezzeria del cavidotto. La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per le aree attorno alla cabina di trasformazione.

8 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 Alta tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti 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 al cavidotto 36kV, realizzato mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto non supererà i 3m, a cavallo dell'asse del cavidotto, inoltre, 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 la cabina di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/AT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già a circa 3,0 m (DPA) dalla cabina stessa.

Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'area sarà racchiusa all'interno di una recinzione impedirà l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.