



Regione Basilicata
Provincia di Potenza
Comune di Corleto Perticara

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA PARI A 12.45 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

sito in Corleto Perticara (PZ), localita' Acqua di Maggio

AUTORIZZAZIONE UNICA e VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

ai sensi dell'art. 12 - D.Lgs. n. 387 del 29 Dicembre 2003 e D.Lgs 152/2006

PROPONENTE:

OPALE NEW ENERGY S.R.L.
Piazza Cavour, Roma (RM)
P.iva 16246061002

OGGETTO:

Relazione Campi Elettromagnetici e DPA

ELABORATO N.:

R03

Scala:

Formato:

A4

Data:

05/03/2022

Elaborato:

EL.S222.R03

Progettazione

Ing. Andrea Ortolani

andrea.ortolani1@ingpec.eu

Ordine degli Ingegneri della Provincia di
Pesaro e Urbino, matr. n. A1914

Sviluppo progetto



ELION S.R.L.

via del Carso, 27
61121 Pesaro (PU)
P. IVA 02671350417

Coordinatore Progettista

Ing. Andrea Ortolani
andrea.ortolani1@ingpec.eu

REVISIONI:

N°	DATA	DESCRIZIONE
01		
02		
03		
04		
05		
06		



Compatibilità elettromagnetica

Sommario

1.	Introduzione	1
2.	Riferimenti normativi	2
2.1.	Valori limite	3
3.	Casi particolari previsti dalla “Metodologia di calcolo delle DPA”	5
4.	Impatto dell’opera	5
4.1.	Moduli fotovoltaici	5
4.2.	Inverter	5
4.3.	Linee elettriche in corrente alternata	6
4.4.	Cabina elettrica utente e di campo	6
5.	Conclusioni	7

1. Introduzione

Scopo del presente documento è la stima delle emissioni elettromagnetiche connesse al funzionamento dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica.

Il Campo, del tipo a "terra e fisso", con una potenza complessiva di 12.54 MW e parte del cavidotto di connessione del tipo aereo in doppia terna è situato in agro del comune di Corleto Perticara, mentre lo stallo di uscita dalla cabina primaria e una parte residuale di cavidotto aereo ricade in agro del comune di Guardia Perticara, nelle vicinanze della costruenda Stazione Cabina Primaria "Guardia Perticara" di e-distribuzione.

La connessione, secondo i due preventivi STMG emessi da e-distribuzione con codice T0737577 e 256247937, è prevista con cabina di consegna all'interno dell'area di impianto. Il collegamento delle 2 cabine di consegna avverrà ciascuna tramite cavidotto aereo MT che si collega ad un nuovo stallo in uscita dalla futura cabina primaria SSE "Guardia Perticara". Sono oggetto di questa autorizzazione anche lo stallo di trasformazione da AT a MT come previsto nel preventivo T0737577 e le due linee aeree MT che collegheranno le 2 cabine di consegna allo stallo.

Lo scopo del presente documento è illustrare lo stato dell'area oggetto di intervento, le soluzioni che il proponente intende adottare per la realizzazione dell'impianto, comprendendo le opere del produttore e le opere di rete che saranno realizzate da e-distribuzione.

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

- Pannelli fotovoltaici;
- Cavi di collegamento interni al campo DC;
- Inverter per la trasformazione della corrente da DC a AC;
- le linee elettriche MT (a 20 kV) in cavo interrato interne al campo, che collegano la cabina di campo alla cabina utente;
- una Cabina di Consegna (SSE) per l'inserimento dell'energia in rete con tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale;
- Una linea in doppia Terna aerea MT (20 kV) in cavo di AL 3x150 + 1x50 su sostegni di acciaio che collega le cabine di consegna alla SSE Guardia Perticara.

2. Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
- d.p.c.m. del 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"
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449
- CEI ENV 50166-1 1997-06 - Esposizione umana ai campi elettromagnetici Bassa frequenza (0-10 kHz)
- CEI 11-60 2000-07 - Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV.
- CEI 211-6 2001-01 - 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.
- CEI 106-11 2006-02 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del dpcm 8 luglio 2003. Parte 1 Linee elettriche aeree o in cavo.
- CEI 211-4 2008-09 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche

Per quanto riguarda la definizione delle grandezze elettromagnetiche di interesse si fa riferimento alla norma CEI 211-6 (2001-01), prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 kHz - 10 KHz, con riferimento all'esposizione umana".

In merito, invece, alle definizioni di esposizione, limite di esposizione, valore di attenzione, obiettivo di qualità, elettrodoto, valgono le definizioni contenute all'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

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);

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;

obiettivi di qualità: 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 mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi;

elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

esposizione dei lavoratori: 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;

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.

2.1.Valori limite

Il citato d.p.c.m. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione ed i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100 μT** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- All'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, 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.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, 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.

Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu\text{T}$) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29.05.2008 definisce quale fascia di rispetto mantenere nello spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra ed al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da

un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che risulta sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica. Pertanto, nei successivi paragrafi sono state calcolate le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μ T.

Alla frequenza di 50 Hz il campo elettrico (misurato in V/m) e quello magnetico (misurato in T) possono essere considerati disaccoppiati, ed analizzati, dal punto di vista fisico-matematico, separatamente.

Per sua natura il corpo umano possiede capacità schermanti nei confronti del campo elettrico. Il campo elettrico quindi ha, per i valori di campo generato da qualsiasi installazione elettrica convenzionale, effetti del tutto trascurabili (solo in prossimità di linee AT a 400kV, tensione non raggiunta in Italia in nessuna linea di trasmissione AT, si raggiungono valori di 4kV/m prossimi al limite di legge per zone frequentate, valore che si abbatte esponenzialmente all'aumentare della distanza dal conduttore. Il campo elettrico risulta proporzionale alla tensione del circuito considerato.

Viceversa, il corpo umano presenta una permeabilità magnetica sostanzialmente simile a quella dell'aria, per cui non presenta grandi capacità schermanti contro il campo magnetico, il quale lo attraversa completamente rendendo i suoi effetti più pericolosi di quelli del campo elettrico. Il campo magnetico è proporzionale al valore di corrente che circola nei conduttori elettrici ed i valori di corrente che si possono avere nelle ordinarie installazioni elettriche possono generare campi magnetici che possono superare i valori imposti dalle norme.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica. Il modello quasi statico è applicato al caso della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia in rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici coinvolti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici.

Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

3. Casi particolari previsti dalla “Metodologia di calcolo delle DPA”

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Decreto MATTM 29.05.2008) precisa che il calcolo delle DPA e della Fascia di rispetto non è dovuto in alcuni casi:

- Linee elettriche esercitate a frequenza diversa da 50 Hz;
- Linee a Bassa Tensione
- Linee a Media Tensione (interrate ed aeree) realizzate in cavo cordato ad elica.

In generale, oltre alle indicazioni già riportate nelle tabelle sulle “Valutazioni indicative delle DPA”, si può fare riferimento al documento di Enel “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”, in cui sono riportati con maggior dettaglio i valori delle DPA tipiche suddivise per tipologie di linea, per tensione di funzionamento e per geometria di traliccio utilizzato.

4. Impatto dell’opera

4.1. 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.

4.2. 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))

Tra gli altri aspetti queste norme 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%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in superim-posizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;

- Variazioni di tensione e 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 frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserione dell'impianto fotovoltaico.

- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

4.3. Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo di soli cavi elicord, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. La linea MT di connessione dalla cabina SSE Guardia Perticara alla Cabina di Consegna sono in cavo cordato aereo.

Come illustrato nella suddetta 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 $3\mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50\div 80$ cm) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare peraltro che anche il recente 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.

4.4. Cabina elettrica utente e di campo

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, 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 500 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 DPA si determina come di seguito descritto.

Pertanto, servendoci della corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e del diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore ed applicando la formula riportata sul DM 29/05/08 è stato calcolato il rapporto Dpa / \sqrt{I} . detto rapporto moltiplicato per "e" approssimato al mezzo metro successivo restituisce Dpa.

$$D p a / \sqrt{I} = 0.40942 \times \sqrt{1804} \times 0.16^{0.5241} = 6,65m \text{ (approssimato a 7m)}$$

Potenza trasformatore (kVA)	I (A)	Formazione cavi in uscita trafo (mmq)	S (m)	B (μT)	D (m)	Dpa (m)
160	240	1x150	0,022	3	0,78	1
250	375	1x240	0,027	3	1,08	1,5
400	600	2x185	0,048	3	1,82	2
630	945	3x240	0,081	3	2,97	3
800	1200	4x185	0,096	3	3,65	4
1000	1500	4x240	0,108	3	4,33	4,5
1250	1875	6x185	0,144	3	5,58	6
1600	2400	6x240	0,162	3	6,70	7
2000	3000	7x240	0,189	3	8,09	8,5
2500	3750	8x240	0,216	3	9,67	10

Figura 1: Campi elettromagnetici Cabina MT/BT

Considerando l'utilizzo di trasformatori di massimo 1600 kVA, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso, pari a 7 m. Nel caso in questione la cabina è posizionata ad almeno 10 metri dai confini e non è permanentemente presidiata.

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 MT 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 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 al cavidotto MT, sarà realizzato per tutti i tratti mediante l'uso di cavi elicordati, in generale con ampiezza della fascia di rispetto minore a 1 m. **Si hanno valori di $3\mu\text{T}$ a circa 0.80 metro dal cavo.** Per ciò che riguarda la cabina utente 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 1600 kVA), già a circa 7 m (DPA) dalla cabina stessa. La cabina di consegna prevede al suo interno solo gli organi di collegamento alla linea di distribuzione e quindi si raggiunge l'obiettivo di qualità a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Le cabine non prevedono la presenza di persone per più di 4 ore al giorno e sono posizionate a distanza di sicurezza dagli edifici. Mentre per quanto riguarda le cabine di campo, con obiettivo di qualità a circa 7 metri (DPA), data la posizione all'interno dell'area recintata ed esclusa la presenza di persone per più di quattro ore al giorno, si può escludere il pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.