

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO "CALTAVUTURO ESTENSIONE"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione impatto elettromagnetico



File: **GRE.EEC.R.74.IT.W.14362.16.005.00 - Relazione impatto elettromagnetico.docx**

| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |
|------|------------|-----------------|---------------|----------|---------------|
| 00 | 19/02/2021 | Prima emissione | D. Stangalino | D. Mansi | D. Stangalino |

GRE VALIDATION

| | | |
|---------------|---------------|----------------|
| | <i>Berasi</i> | <i>Pansini</i> |
| COLLABORATORS | VERIFIED BY | VALIDATED BY |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PROJECT / PLANT Caltavuturo Estensione | GRE CODE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GROUP | FUNCION | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT | | | | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION | | | | | | |
| | GRE | EEC | R | 7 | 4 | I | T | W | 1 | 4 | 3 | 6 | 2 | 1 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 |

| | | | |
|----------------|---------------|-------------------|---------------------|
| CLASSIFICATION | PUBLIC | UTILIZATION SCOPE | BASIC DESIGN |
|----------------|---------------|-------------------|---------------------|

INDEX

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE | 3 |
| 1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE | 3 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3. IMPIANTO EOLICO | 4 |
| 4. CAMPI MAGNETICI | 4 |
| 4.1. GENERALITÀ..... | 4 |
| 4.2. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DALLA SOTTOSTAZIONE | 5 |
| 4.3. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL TRASFORMATORE AT/MT | 5 |
| 4.4. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT IN SOTTOSTAZIONE | 6 |
| 4.5. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT DEL BESS..... | 7 |
| 4.6. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT NEL PARCO EOLICO..... | 7 |
| 4.7. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL BESS..... | 9 |
| 5. CAMPI ELETTRICI..... | 9 |
| 6. CONCLUSIONI | 10 |

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Solar Energy S.r.l. di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato "Caltavuturo Estensione", da ubicarsi nei comuni di Caltavuturo (PA), Valledolmo (PA) e Sclafani Bagni (PA).

Il progetto proposto prevede l'installazione di 18 nuove turbine eoliche di potenza 4,52 MW ciascuna, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata totale pari a 81,36 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione a 33 kV, verrà convogliata alla sottostazione di trasformazione 150/33 kV in progetto nel comune di Sclafani Bagni, per l'innalzamento da media ad alta tensione. La sottostazione di trasformazione verrà collegata, tramite cavidotto in alta tensione a 150 kV, ad una stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV della RTN, di nuova realizzazione da parte dell'ente gestore di rete.

In aggiunta alla sottostazione di trasformazione 150/33 KV in progetto, sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) di taglia pari a 35 MW / 140 MWh.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO₂, legate a processi di produzione di energia elettrica.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Il soggetto proponente dell'iniziativa è Enel Green Power Solar Energy S.r.l., società iscritta alla Camera di Commercio di Roma che ha come Socio Unico la società Enel Green Power Italia S.r.l.

La Società ha per oggetto l'esercizio e lo sviluppo dell'attività di produzione e vendita di energia elettrica generata da fonti rinnovabili.

1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente documento ha come scopo la valutazione dei campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (sottostazione in aria, trasformatori, linee in cavo in media tensione) installate nel nuovo impianto eolico di Caltavuturo Estensione che sarà connesso alla rete in alta tensione di RTN, attraverso una dedicata sottostazione collegata in antenna con cavo di alta tensione alla nuova stazione di trasformazione di Terna 380kV/150 kV che sarà connessa in entra-esci alla futura linea 380 kV elettrodotto RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi - Ciminna".

Si tratta di un impianto ex-novo ("green field") che prevede l'installazione di n.18 nuove torri di generazione per una potenza complessiva di 81,36 MW e di un sistema BESS (Battery Energy Storage System) da 35 MW.

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con Dpa) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche

per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".

- Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- Guida CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".
- Guida CEI CLC/TR 50453 "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".
- DLgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza".
- Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni".

3. IMPIANTO EOLICO

Il progetto dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 18 aerogeneratori di nuova generazione, equipaggiati con generatore asincrono con rotore a gabbia in bassa tensione 800 V da 4.52 MW, collegato in serie ad un convertitore di frequenza per il controllo della conversione da frequenza variabile del generatore a frequenza fissa della rete, con i desiderati livelli di potenza attiva e reattiva, servizi ausiliari, trasformatore elevatore MT/BT a 33 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna.

Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

La potenza totale installata sarà pari di 81,36 MW.

4. CAMPI MAGNETICI

4.1. GENERALITÀ

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3 μ T da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la Dpa (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori.

A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

4.2. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DALLA SOTTOSTAZIONE

Secondo il DM 29/5/2008 (art. 5.2.2) per le sottostazioni in genere la fascia di rispetto dovrebbe rientrare nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Considerando le sbarre principali in tubolare di alluminio di adeguata sezione, con una distanza tra le fasi di 2,2 m (valore unificato dal codice di rete di Terna per le stazioni a 132/150 kV), con una corrente nominale delle sbarre di 1250 A, si ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa (distanza di prima approssimazione) di 18 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla e quindi nei limiti di legge imposti dalla normativa nazionale (obiettivo di qualità del DPCM 8/7/03).

I 18 m vanno calcolati dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria.

La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione Dpa che risulta essere quindi di 18 m.

4.3. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL TRASFORMATORE AT/MT

Le caratteristiche del trasformatore elevatore sono di seguito indicate:

| | | TR1 |
|------------------------------|-----|--------------|
| Potenza nominale | MVA | 145/* |
| Tensione nominale primaria | kV | 150 |
| Corrente primaria | A | 558,77 A |
| Tensione nominale secondaria | kV | 33 |
| Corrente secondaria | A | 2540 A |
| Regolazione | | ± 10 x 1,25% |
| Commutatore | | Sotto carico |
| Gruppo vettoriale | | YNd11 |
| Impedenza di corto circuito | Vcc | 13 |
| Sistema di raffreddamento | | ONAN-ONAF |

Tabella 1: Caratteristiche del trasformatore elevatore

(*) La potenza con sistema di ventilazione forzata (ONAF) sarà definita in fase di progetto esecutivo.

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 "Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto" non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a bassa tensione.
- Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può ritenere che i valori più significativi siano quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario.

Il trasformatore sarà collegato al quadro di media tensione di raccolta dei sottocampi con 5

cavi (1x240) mm² in parallelo per fase.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

Considerando come valore di corrente quella nominale lato secondario del trasformatore a valle (2540 A), si ottiene per la configurazione descritta un valore della distanza di prima approssimazione pari a 10,137 m.

In analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 incrementiamo la distanza di prima approssimazione di 1,5 volte per eventuali cambi di direzione, ottenendo un valore di 15,206 m.

In conclusione la distanza di prima approssimazione (Dpa) del trasformatore CT1 risulta essere di 15,206 m.

4.4. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT IN SOTTOSTAZIONE

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento delle apparecchiature elettriche (trasformatore elevatore, trasformatore dei servizi ausiliari) hanno le seguenti caratteristiche:

- Tipo di cavo: unipolare
- Conduttore: rame ricotto stagnato secondo norma CEI 20-29
- Forma conduttore. corda rotonda compatta
- Isolamento: miscela etilenpropilenica di qualità G7 (HEPR)
- Schermo metallico: rame non stagnato
- Guaina esterna: miscela termoplastica in PVC qualità Rz
- Temperatura massima: 90 °C in condizioni di esercizio normali
250°C in condizioni di corto circuito
- Posa: interrata in cunicolo
- Tensione isolamento: 18/30 kV
- Designazione del cavo: RG7H1R 18/30 kV

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi

Le formazioni per ciascuna linea di media tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono di seguito indicati:

| Formazione [mm ²] | Da | A | Diametro esterno [mm] | Portata [A] (NOTA 1) | Posa | Dpa [m] |
|-------------------------------|-----|-----|-----------------------|----------------------|----------------------------------|---------|
| 5x3x(1x240) | TR1 | QMT | 45 | 525 | A trifoglio interrati/passarella | 1,39 |
| 3x(1x50) | QMT | TSA | 34,1 | 214 | A trifoglio interrati/passarella | 0,77 |

Nota 1: valore di portata effettiva della singola terna.

Si precisa che i valori della Dpa sono stati calcolati considerando una sola terna di conduttori.

Per linee composte da più terne in parallelo si evidenzia che queste saranno posate in tubi distanziati tra loro di 2 volte il diametro esterno dei cavi oppure su passerelle distanziate di 300 mm in verticale e con una distanza di 2 volte il diametro tra due terne adiacenti. Quindi

possono essere considerate come linee indipendenti.

I suddetti cavi sono posati all'interno di banchi tubi interrati alla profondità di 1 m nel piazzale della sottostazione e su passerelle all'interno dell'edificio della sottostazione.

4.5. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT DEL BESS

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento delle apparecchiature del BESS (trasformatori elevatori bt/mt, trasformatore servizi ausiliari, quadro media tensione di raccolta) hanno le seguenti caratteristiche:

- Tipo di cavo: unipolare
- Conduttore: rame ricotto stagnato secondo norma CEI 20-29
- Forma conduttore: corda rotonda compatta
- Isolamento: miscela etilenpropilenica di qualità G7 (HEPR)
- Schermo metallico: rame non stagnato
- Guaina esterna: miscela termoplastica in PVC qualità Rz
- Temperatura massima: 90 °C in condizioni di esercizio normali
- 250°C in condizioni di corto circuito
- Posa: interrata in cunicolo
- Tensione isolamento: 18/30 kV
- Designazione del cavo: RG7H1R 18/30 kV

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi

Le formazioni per ciascuna linea di media tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono di seguito indicati:

| Formazione [mm ²] | Da | A | Diametro esterno [mm] | Portata [A] | Posa | Dpa [m] |
|-------------------------------|----------|---------|-----------------------|-------------|----------------------------------|---------|
| 3x(1x240) | QMT-BESS | QMT | 45 | 525 | A trifoglio interrati | 1,39 |
| 3x(1x240) | QMT-BESS | PCS-... | 45 | 525 | A trifoglio interrati | 1,39 |
| 3x(1x50) | QMT-BESS | TR-AUX | 34,1 | 214 | A trifoglio interrati/passarella | 0,77 |

I suddetti cavi sono posati all'interno di banchi tubi interrati alla profondità di 1 m nell'area esterna alla sottostazione, sulla quale saranno installati i container del BESS.

4.6. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAI CAVI MT NEL PARCO EOLICO

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento tra le singole torri di generazione e la sottostazione hanno le seguenti caratteristiche:

- Tipo di cavo: unipolare

- Conduttore: alluminio
- Forma conduttore corda rotonda compatta
- Isolamento: in polietilene di tipo XLPE
- Schermo metallico: in nastro di alluminio
- Guaina esterna: polietilene
- Temperatura massima: 90 °C in condizioni di esercizio normali
250°C in condizioni di corto circuito
- Posa: interrata
- Tensione isolamento: 18/30 kV
- Designazione del cavo: ARE4H5E

Sono usate le seguenti sezioni di cavo:

| Formazione [mm ²] | Diametro esterno [mm] | Portata [A] |
|-------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1x300 | 44 | 480 |
| 1x630 | 51 | 606 |

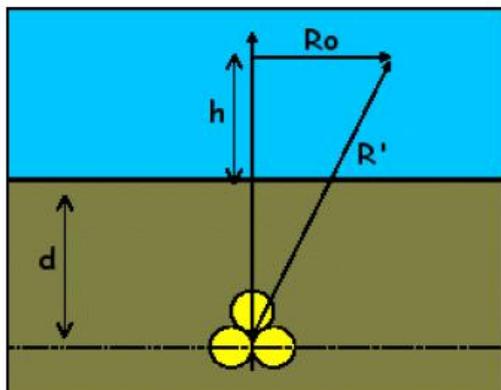
Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi e del tipo di posa: a trifoglio alla profondità di 1,2 m.

In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 2), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 2, con h=0), come indicato in tabella.

| Formazione [mm ²] | Diametro esterno [mm] | Dpa [m] | Distanza asse a livello del suolo | Valore induzione a 1 m dal suolo [μT] |
|-------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1x300 | 44 | 1,31 | 0,729 | 1,069 |
| 1x630 | 51 | 1,60 | 1,017 | 1,211 |



Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)

Figura 4-1: Schema e distanze di cav interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)

4.7. CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DAL BESS

Il sistema BESS nel suo complesso rispetterà i criteri specifici, atti a tutelare la popolazione e i lavoratori dai campi elettrici e di induzione magnetica dispersi, all'interno dei limiti degli obiettivi di qualità, stabiliti dalla legislazione e dalle norme tecniche di riferimento vigenti.

Il rispetto degli obiettivi di qualità sarà garantito, in sede progettuale, dall'utilizzo di container metallici per evitare l'emissione irradiata, dalla corretta messa a terra delle masse metalliche e degli schermi dei cavi, dalla posa a trifoglio con relativa trasposizione delle fasi dei cavi unipolari MT, dall'utilizzo di apparecchiature costruite secondo i requisiti di compatibilità elettromagnetica stabiliti dalle norme tecniche.

I moduli di conversione realizzeranno la trasformazione da alimentazione DC, lato batterie, ad AC lato rete in modo bi-direzionale. Ogni modulo di conversione risponderà ai requisiti della normativa vigente (IEC 61000) per quanto riguarda l'emissione elettromagnetica. Ogni modulo sarà equipaggiato con un set di opportuni filtri:

- filtri di tipo RFI prevedranno inoltre opportuni filtri antidisturbo;
- filtri di tipo LC sinusoidali opportunamente dimensionati, saranno realizzati ed accordati per ottenere forme d'onda di corrente e tensione in uscita, ad ogni livello di carico.

Tali filtri saranno in grado di evitare la trasmissione di disturbi a frequenza elevate attraverso i conduttori di potenza. L'emissione irradiata invece sarà evitata grazie all'installazione in container metallico. La messa a terra dei containers, la gestione del sistema DC isolato da terra, la presenza del trasformatore BT/MT che assicurerà un isolamento galvanico della sezione di conversione rispetto al punto di connessione MT, consentiranno di evitare i disturbi anche attraverso modalità di accoppiamento di modo comune. I cavi unipolari MT saranno schermati e collegati a terra su un solo estremo del cavo. I cavi tripolari BT saranno schermati e collegati a terra su entrambi gli estremi del cavo. Gli accorgimenti su menzionati garantiscono il rispetto dei limiti di riferimento per i campi elettromagnetici.

5. CAMPI ELETTRICI

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici saranno ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di 5 kV/m imposto dalla Norma.

6. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati si può concludere che i valori di induzione calcolati sono compatibili con i vincoli previsti dalla normativa vigente.

Infatti le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore, ed essendo contenute all'interno o nei dintorni dell'area di insediamento del nuovo parco eolico e della sottostazione annessa non coinvolgono né civili abitazioni, né locali pubblici con permanenza di persone, né luoghi di divertimento o svago.