



COMUNE DI
BENETUTTI



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



CITTA' METROPOLITANA
DI SASSARI

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA PARI A 29.970 kWp

Sito in Comune di Benetutti – Provincia di Sassari



PROCEDIMENTO AUTORIZZATIVO

PROPONENTE:



BENETUTTI S.R.L.
Via Dott. Giovanni Lai, 5/B
07010 Benetutti (SS)
P.I. 02866920909 – R.E.A. SS-210995
PEC benetuttisrl@legalmail.it

TITOLO ELABORATO:

ELABORATO:

Relazione CEM e DPA elettriche

R19

SCALA / FORMATO

DATA EMISSIONE:

CEM

Relazione f.to A4

22 settembre 2022

BNT.ELT.REL.R19

SOCIETA' PROPONENTE

BENETUTTI S.r.l.

SOCIETA' DI SVILUPPO PROGETTO

EMAN S.r.l.

Responsabile Progetto
P.M. Alberto Laudadio
L. 4 / 2013 - ASSIREP n. 567

Responsabile Elaborato
Ing. Agostino Amato
Ord. Ing. Prov. TO n.7901x

Sviluppo Energie Rinnovabili
Via San Quintino 26/A – 10121 Torino (TO)
P.I. IT 11439230019
Mail technical@emansrl.it – PEC eman.srl@pec.it

Gruppo di Lavoro

REVISIONI

N°	Nome e Cognome	Ruolo	N°	DATA	DESCRIZIONE
01	PM Alberto Laudadio	Management e coordinamento	01	9/15/2022	EMISSIONE
02	Ing. Agostino Amato	Progettazione Elettrica impianto	02		
03	Ing. Vincenzo Vergelli	PTO e Progettazione definitiva	03		
04	Ing. Agide Maria Borelli	Calcoli strutturali	04		
05	Dott.ssa Claudia Carente	Archeologica preventiva	05		
07	Dott. Agr. Fabrizio Vinci	Aspetti agronomici	07		
08	Ing. Gianluca Cadeddu	Tecnico in acustica	08		
09	Dott. Francesco Lecis	Aspetti biotici e avifauna	09		
10	Enviarea snc	SIA- Paesaggio e Aspetti Ambientali	10		
11			11		
12			12		
13			13		

SOMMARIO

1. Premessa	2
2. Norme e documentazione di riferimento	2
3. Inquadramento Normativo.....	3
4. Descrizione sommaria degli impianti.....	4
5. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dai moduli fotovoltaici	6
6. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dagli inverter.....	6
7. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dalle linee elettriche MT.	7
8. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dalle cabine elettriche.....	8
9. Conclusioni	11

1. Premessa

Il presente documento, allegato alla relazione di progetto elettrico, viene redatto ai fini della valutazione di impatto elettromagnetico del campo fotovoltaico di potenza pari a 29,97 MW da realizzarsi nei Comuni di Benetutti (SS) e di Bono (SS).

Per quanto concerne la centrale fotovoltaica l'intero impianto ricade all'interno di zone recintate il cui accesso è consentito solo a personale autorizzato. La centrale fotovoltaica è suddivisa in due sezioni collegate da un elettrodotto interrato la prima posta circa 3,5 km a Nord rispetto alla seconda. La centrale, nel suo complesso verrà connessa in antenna, tramite cavidotto interrato che parte dalla sezione posta a Sud fino alla cabina primari MT/AT di Bono percorrendo un tratto di circa 10,5 km.

Dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica gli impianti da esaminare sono:

- Il generatore fotovoltaico costituito dai moduli fotovoltaici;
- Gli inverter che convertono la potenza da continua in alternata;
- Le cabine di trasformazione con al loro interno il trasformatore BT/MT;
- I cavidotti all'interno dell'impianto;
- I cavidotti di collegamento tra le sezioni di impianto e tra la centrale e la cabina primaria.

2. Norme e documentazione 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. Inquadramento Normativo

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

La normativa di riferimento è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) “*Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*”; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull’inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Il Decreto sancisce che 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 (microTesla) per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), in luoghi tutelati (aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno) si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T (microTesla), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. **Nell'area di installazione dell'impianto non sono presente luoghi tutelati..**

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio).

Il DPCM 8 Luglio 2003 all'art. 6 in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c.1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008. Detta fascia comprende tutti i punti dei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Pertanto lo scopo del calcolo della DPA è quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore. Se ciò si verifica il procedimento si ritiene concluso altrimenti sono necessarie ulteriori verifiche con calcoli basati su modelli analitici più dettagliati ed approfonditi delle fasce di rispetto.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (DPA).

4. Descrizione sommaria degli impianti

La centrale fotovoltaica, come riportato in premessa, è suddivisa in due sezioni . La sezione di impianto posta a Nord è suddivisa in 5 sottocampi ciascuno composta da 11 inverter a ciascuno dei quali sono connessi 504 moduli fotovoltaici da 370 Wp per un totale di 55 inverter e 27720 moduli fotovoltaici. Ciascun sottocampo è sotteso ad una cabina di trasformazione in cui trova

alloggiamento il quadro di bassa tensione, il trasformatore elevatore BT/MT di potenza pari a 2500 kVA e rapporto di trasformazione 30/0,8 kV. Le cabine di trasformazione sono tra esse connesse mediante cavo interrato MT ad elica visibile di tipo pre cordato 30 KV i cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=18/30$ kV e tensione massima $U_m=36$ kV, sigla di designazione ARE4H1R.

Le cabine di trasformazione faranno capo alla cabina di parallelo Nord che, mediante cavidotto interrato sempre costituito da cavo MT ad elica visibile si collega alla cabina di parallelo SUD posta a circa 3,5 km.

Analogamente la sezione di impianto posizionata a Sud sarà suddivisa in 9 sottocampi 8 dei quali composti da 12 inverter, e uno da 11 inverter, anche in questo caso a ciascun inverter verranno collegati 504 moduli fotovoltaici e ciascun sottocampo sarà sotteso ad una cabina di trasformazione. In totale la sezione Sud è costituita da: 107 inverter, 53928 moduli fotovoltaici, 9 cabine di trasformazione e una cabina di parallelo Sud.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI modello SUN2000-185KTL-H1, o equivalenti, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli, in posizione opportuna.

Per quanto attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso all'impianto ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (*"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz"*).

Le zone direttamente confinanti con l'impianto di rete non sono adibite né ad una permanenza giornaliera non inferiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni/scuole, pertanto vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Non trovano applicazione per le stesse motivazioni gli obiettivi di qualità del DPCM 8 Luglio 2003. Rimane comunque inteso che i

limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna della centrale e relativamente ai campi magnetici prodotti da correnti di frequenza 50 Hz.

5. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dai moduli fotovoltaici

Per quanto concerne i campi magnetici è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavi di collegamento

Si consideri che:

- tale sezione di impianto è tutta esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000 μT , valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz.

Per quanto suddetto, si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuto alla sezione in corrente continua.

6. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dagli inverter

In merito agli inverter, si può affermare che 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. 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:

- 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 che si prevede di installare presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione 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;
- 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.

7. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dalle linee elettriche MT.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, sia per la parte interna alla centrale e sia per i cavidotti esterni, saranno del tipo pre-cordato ad elica visibile.

Si evidenzia che il progetto prevede per tutto l'impianto fotovoltaico l'impiego di cavi MT di tipo elicordato, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Dalle quali si ricava che 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.

Per tale motivo anche 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 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto all'interno della fascia di asservimento della linea.

Per quanto riguarda i cavi BT, i relativi cavidotti si sviluppano totalmente all'interno dell'area di impianto e l'ampiezza delle DPA è tale da non invadere zone esterne alla centrale fotovoltaica.

8. Valutazione campi elettromagnetici prodotti dalle cabine elettriche.

Al contrario delle linee elettriche, per le quali è ormai consolidato un metodo di calcolo preventivo dei campi magneti ed elettrici, per le cabine elettriche e per tutti i sistemi non assimilabili alle linee elettriche, a causa delle geometrie complesse, non è agevole determinare gli andamenti dei campi elettrici e magnetici con modelli matematici ed a valle di considerazioni preventive di massima, in caso dubbio si deve procedere direttamente alle misure in campo.

Considerando che la maggior parte dell'impianto è in bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 30.000 V a 50 Hz e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dalle strutture metalliche porta moduli, dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica. In particolare è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine MT/BT della Distribuzione, che i campi elettrici all'esterno delle cabine in media tensione risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

Per quanto riguarda la valutazione dei campi magnetici da un punto di vista prettamente formale si ritiene che le cabine MT/BT di utente non rientrino nel campo di applicazione del DM 29/05/08 in quanto:

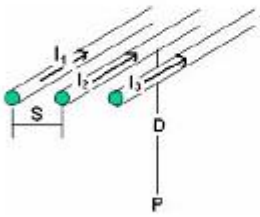
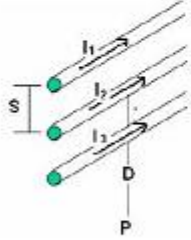
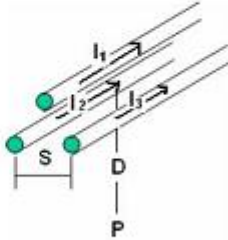
- il DM 29-05-2008 contempla come impianto solamente le cabine del distributore e le cabine dell'utente se alimentato in alta tensione (art. 3.2 Oggetto ed applicabilità – punto 4 definizioni)

- le modalità di calcolo per la distanza di prima approssimazione indicata nel DM 29/05/08 fanno riferimento a cabine di tipo a box unificate (in pratica quelle dell'Enel) e sono difficilmente adattabili a cabine di trasformazione utente generalmente più complesse.

Tuttavia è possibile la valutazione dei campi magnetici considerando che le principali fonti di campo magnetico sono i cavi percorsi da corrente: maggiore sarà la corrente che percorre il cavo, maggiore sarà il campo magnetico generato.

Pertanto se supponiamo ipoteticamente che lungo il perimetro della cabina transitino tutti i cavi in uscita dal trasformatore MT/BT lato bassa tensione e che questi cavi siano percorsi dalla corrente nominale del trasformatore stesso possiamo individuare una distanza dal perimetro della cabina oltre la quale è ragionevolmente prevedibile un valore di induzione magnetica inferiore ai $3 \mu\text{T}$.

Per la determinazione del campo magnetico generato da cavi percorsi da corrente possiamo fare riferimento alla norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" che ci fornisce la seguente formula.

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

dove:

B = induzione magnetica [mT]

I = corrente che percorre i conduttori [A]

S = distanza fra le fasi [m]

DPA = distanza dalla terna di conduttori del punto "P" dove si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [m]

Utilizzando la formula inversa avremo che la distanza DPA per cui B=3 μT sarà

$$DPA = \text{RADQ}[(0,2 * 1,73 * I * S) / 3]$$

In analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08 si può considerare la distanza fra le fasi "S" pari al diametro reale dei cavi (conduttore + isolante); in caso di cavi in parallelo per ciascuna fase si può cautelativamente considerare "S" pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase.

Nel presente caso abbiamo che :

$I = 1602 \text{ A}$ (corrente al secondario del trasformatore)

$S = 0,17 \text{ m}$ (formazione cavo $3 \times (6 \times 240)$) s veda tabella seguente

Sostituendo i valori troviamo che:

$$\text{DPA} = 5,6 \text{ m}$$

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza Elettrica a 20°C	Portale di corrente (A)	
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities (A)	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30°C In tube or in air In air or pipe	(*) 20°C Interrato In ground
1x	1.5	1.6	0.7	6.05	51	13.3	20	21
	4	2.6	0.7	7.15	84	4.95	37	35
	6	3.4	0.7	7.5	104	3.3	48	44
	10	4.4	0.7	7.99	152	1.91	66	59
	16	5.7	0.7	9.1	211	1.21	88	77
	25	6.9	0.9	10.4	301	0.78	117	100
	35	8.1	0.9	11.7	396	0.554	144	121
	50	9.8	1	14.05	556	0.386	175	150
	2.5	2	0.7	6.5	63	7.98	28	27
	70	11.6	1.1	15.9	761	0.272	222	184
	95	13.3	1.1	17.59	991	0.206	269	217
	120	15.1	1.2	19.9	1219	0.161	312	259
	150	16.8	1.4	22.01	1517	0.129	355	287
	185	18.6	1.6	24.2	1821	0.106	417	323
	240	21.4	1.7	26.88	2366	0.0801	490	379
	300	23.9	1.8	31.7	2947	0.0641	-	429
400	27.5	2	35.1	3870	0.0486	-	541	

Figura 1 Spessori dei cavi MT

9. Conclusioni

In definitiva possiamo concludere che la fascia di rispetto da comunicare alle autorità ai sensi del DPCM 08/07/2003 è completamente all'interno dell'area di pertinenza dell'azienda, pertanto lo stesso DPCM non si applica, essendo espressamente finalizzato alla tutela della popolazione e non ai soggetti esposti al campo magnetico per ragioni professionali.

A conclusione di quanto esposto si può dedurre che i lavori saranno eseguiti nel pieno rispetto delle vigenti norme di sicurezza dei lavoratori, in relazione anche all'ambiente esterno ed alla tutela dell'incolumità pubblica.