

PROPONENTE SIG PROJECT ITALY 1 S.r.l. Via Borgogna 8, 20122 Milano p. iva e cod. fiscale 11503980960 email: Info@suninvestmentgroup.com pec: sigproject@legalmail.it		COD. ELABORATO R17_CAMP-ELT
ELABORAZIONI BLE ENGINEERING S.r.l. Sede legale: Viale Cappiello 50, 81100 - Caserta P.IVA 04659450615		PAGINE

PROGETTO DEFINITIVO
IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DENOMINATO "CASTEL VOLTURNO 2"
LOCALIZZATO NEL COMUNE DI CASTEL VOLTURNO (CE)
DELLA POTENZA DI 55,26 MW

2022.I.G.CAM 005

OGGETTO VIA IMPIANTO FOTOVOLTAICO		TITOLO ELABORATO Relazione sui campi elettromagnetici		
PROGETTAZIONE BLE ENGINEERING S.r.l. ING. GIOVANNI CAROZZA ORDINE ING. PROV. DI CASERTA N.155 Sede legale: Viale Cappiello 50, 81100 - Caserta P.IVA 04659450615		GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Giovanni Cinà Ing. Giuseppe Esposito Ing. Antonio De Sano Dott. Antonella Pellegrino Dott. Geol. Ferdinando M. Musto		
Nome documento	Revisione nr.	Del	Prodotto da	Approvato da
		Ottobre 2022		
Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della BLE S.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.				

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	2
2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO	2
3. DEFINIZIONI	4
4. INQUADRAMENTO DELL'AREA	6
5. DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI.....	9
5.1 GENERALITA'	9
5.2 TIPOLOGIA PANNELLI FV E PRESTAZIONI	9
5.3 CARATTERISTICHE CAVO INTERRATO	10
5.4 CAVIDOTTO.....	11
5.5 POWER STATION ED INVERTER	12
5.6 CABINA ELETTRICA DI CAMPO.....	13
6. GENERALITA' SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	16
7. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	18
7.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IRRILEVANTI	18
7.1.1 Moduli fotovoltaici	18
7.1.2 Inverter	18
7.1.3 Linee elettriche in corrente alternata	19
7.2 CALCOLO DELLE DPA	20
7.2.1 Metodologia	20
7.2.2 Power station	20
7.2.3 Cabina elettrica di campo.....	20
8. CONCLUSIONI	21

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la valutazione dei campi elettromagnetici scaturenti dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico da realizzarsi nel comune di Castel Volturno (CE), avente potenza di 55,26 MWp, integrato con l'agricoltura.

Si procede quindi all'interno della presente relazione, al calcolo delle distanze di prima approssimazione (DPA) secondo quanto previsto dal DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" – Allegato 2, § 5.1.3 (Procedimento semplificato: calcolo della distanza di prima approssimazione).

L'impianto si svilupperà dalle cabine di campo MT (Power Station) fino alle cabine di consegna MT del campo fotovoltaico con cavi in MT interrati. Tale tipologia di posa verrà quindi reiterata sino alla connessione alla cabina primaria AT/MT.

Verrà in particolare mostrato che, data l'assenza di edificati entro le distanze di prima approssimazione previste, l'installazione oggetto di valutazione è pienamente compatibile con le caratteristiche del sito.

2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

- Legge 22/02/2001 n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete 50 Hz generati dagli elettrodotti";
- DM 29/05/2008 n.156 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica – linee in cavo";
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 0/07/2003 art. 6 parte I";
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche".
- 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";
- DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

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

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

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

- “Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art. 3, comma 1];
- “A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 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]

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Suddetto all'art. 6, in attuazione della legge 36/01 (art 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo della fascia di rispetto degli elettrodotti. Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Inoltre, il DM 29 maggio 2008, introduce la metodologia di calcolo semplificata delle fasce di rispetto, con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico, si applica nel caso di:

- Realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati;
- Progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici. Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 dei DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di media tensione in cavo cordato ad elica in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dai DM marzo 1988, n 449 e s.m.i.

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto 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 FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione.

3. DEFINIZIONI

Per l'intero campo fotovoltaico e per le linee di connessione sino alla cabina primaria, la presenza di campi elettromagnetici sarà del tipo a frequenza estremamente bassa (ELF), essendo gli impianti di tipo elettrico a 50 Hz.

Quindi ci si è soffermati maggiormente sulle fonti continue di emissione a frequenza non superiore a 50 Hz con tensioni da 30 kV.

Le maggiori fonti presenti sono:

- cabina MT consegna e cabine MT di campo;
- linee in cavo interrate e fuori terra con tensioni 20 kV.

Tutti i componenti presenti avranno certificazione EMC e saranno installati in modo da ridurre l'effetto di campi elettromagnetici.

È bene ricordare che:

1. il campo elettrico cresce al crescere della tensione, decresce allontanandosi dalla fonte di emissione ed è influenzato dalla posa dei conduttori (essi sono in maggior parte posti a trifoglio, idoneo per una riduzione del campo);
2. l'induzione magnetica cresce al crescere della corrente, decresce allontanandosi dal punto di emissione e decresce con posa interrata (la maggior parte delle linee in discarica sono interrate).

Gli accorgimenti adottati per ridurre i campi elettromagnetici saranno i seguenti:

- i cavi di media tensione sono con anima metallica schermante, la loro posa è per la maggior parte interrata, mentre per la parte fuori terra, sono opportunamente schermate e a distanza ragguardevole;
- gli impianti di media tensione presenti saranno alloggiati entro strutture metalliche, nonché entro manufatti metallici (inverter) e in CAP (cabina di campo);

Con delle schermature minime, i valori del campo elettrico sono di minima intensità a distanza di pochi centimetri, mentre il campo magnetico è con valori bassi a distanza di qualche metro.

Come da elaborati di calcolo allegati, si riscontrano valori inferiori alle raccomandazioni normative e di legge.

Con i valori calcolati, si rientra pienamente nel rispetto del D. Lgs. 81/08, come da allegato XXXVI, lettera A, tabella 1 per i limiti di esposizione, e lettera B, tabella 2 per i valori di azione.

Obiettivo di qualità: (DPCM 8/7/2003 art. 4) 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 giornaliere 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 della popolazione 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 condizioni di esercizio.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4c.1 lettera h) della Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Distanza di prima approssimazione (Dpa): è la distanza in pianta sul livello del suolo della proiezione del centro linea secondaria da tutte le pareti della cabina stessa. Tale distanza garantisce che ogni punto oltre la Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Le verifiche sono state effettuate con calcolo per i cavi interrati e le cabine di campo, ubicate in zona rurale senza presenza di persone e/o attività di durata superiore a 4 ore.

4. INQUADRAMENTO DELL'AREA

La superficie su cui è previsto l'intervento è rappresentata da terreni interamente situati nel Comune di Castel Volturno, Provincia di Caserta, ed evidenziato nella figura seguente:



Figura 1. Ortofoto con identificazione dell'area di impianto

Si riporta altresì l'inquadramento su ortofoto dell'intera area oggetto di intervento, comprensiva di cavidotto e stazione elettrica di trasformazione AT/MT.



Figura 2. Ortofoto con identificazione dell'area di impianto e del tracciato del cavidotto

Il luogo dista dal vicino paese di Castel Volturno circa 9 km, ed è raggiungibile tramite una rete viaria comunale asfaltata di buona percorribilità. Il capoluogo provinciale di Caserta è a circa 55 km dal sito in questione in direzione E, mentre i comuni più prossimi sono Cancellò ed Arnone, confinante ad EST con l'area rispetto al quale sarà realizzato il campo di agro-fotovoltaico e Mondragone a circa 1.5 km in direzione NORD.

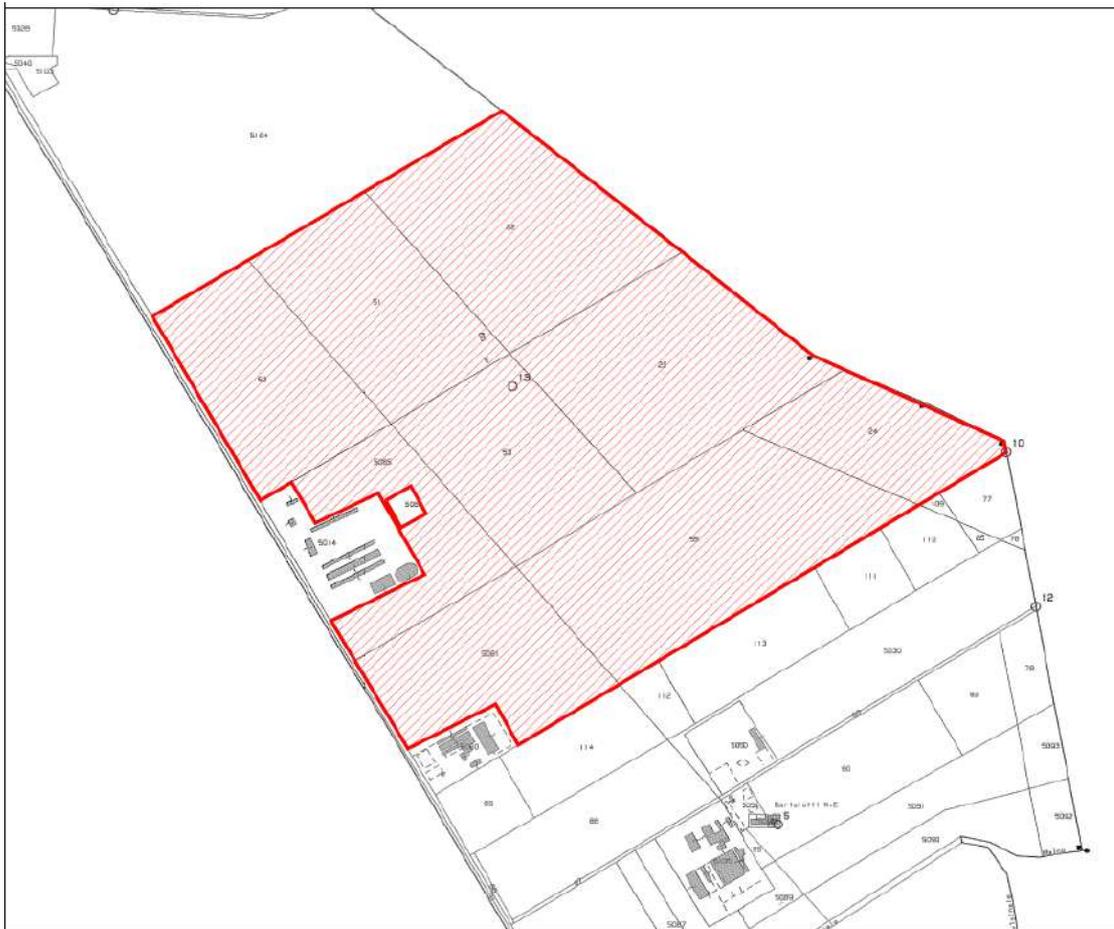


Figura 3. Stralcio catastale con indicato l'area di intervento

L'area in questione è individuabile tramite le seguenti coordinate geografiche di riferimento: lat. 41° 4'58.13"N; long. 13°58'53.69"E, mentre, dal punto di vista catastale, i terreni su cui sarà realizzato l'impianto sono individuati presso il N.C.E.U. del comune di Castel Volturno, al foglio 3, particelle 22, 23, 24, 51, 52, 53, 55, 5061 e 5085.

5. DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

5.1 GENERALITA'

Si riportano in seguito le caratteristiche tecniche dei vari elementi che caratterizzeranno l'impianto in progetto, ovvero i pannelli fotovoltaici, le caratteristiche del cavo interrato e la rispettiva sezione di posa, le caratteristiche delle power station (cabine di sottocampo) e delle cabine elettriche di campo.

5.2 TIPOLOGIA PANNELLI FV E PRESTAZIONI

Il modello impiegato nella realizzazione del presente progetto è in silicio monocristallino. Il modulo fotovoltaico scelto per la realizzazione dell'impianto CASTEL VOLTURNO 2 è realizzato da TRINA SOLAR, in silicio monocristallino, della serie TSM-DE21 ed ha una potenza di picco di 660 Wp.

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power/Watts-P _{max} (Wp) [#]	635	640	645	650	655	660
Power Tolerance-P _{max} (W)	Q = +5					
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6	37.8
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	17.26	17.30	17.35	17.39	17.43	17.47
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	44.7	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	18.30	18.34	18.39	18.44	18.48	18.53
Module Efficiency η_m (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. [#]Measuring tolerance: ±3%.

MECHANICAL DATA

SolarCells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	33.9kg (74.7 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA
Backsheet	White
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / T54*

* Please refer to separate datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40° ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max. Series Fuse Rating	30A

Figura 4- Dati meccanici e operativi

5.3 CARATTERISTICHE CAVO INTERRATO

Per l'interconnessione del quadro MT e tra le cabine di campo verranno usati cavi unipolari del tipo ARG7H1RX1 2/20kV forniti nella versione tripolare riunito ad elica visibile (Figura 5).



Figura 5- Particolare cavo MT

I cavi sono isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC, con le seguenti caratteristiche:

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC;
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2;
- Strato semiconduttore: estruso (solo cavi $U_0/U \geq 6/10$ kV) Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo;
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi $U_0/U \geq 18/36$ kV);
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale;
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz;
- Colore: rosso.

5.4 CAVIDOTTO

Si riportano in seguito le modalità di posa dei cavi precedentemente indicati. Nello specifico, si provvederà alla posa del cavo precedentemente indicato con modalità a trifoglio, entro una trincea di dimensioni sufficienti a rispettare i requisiti minimi per la posa dei cavi in MT.

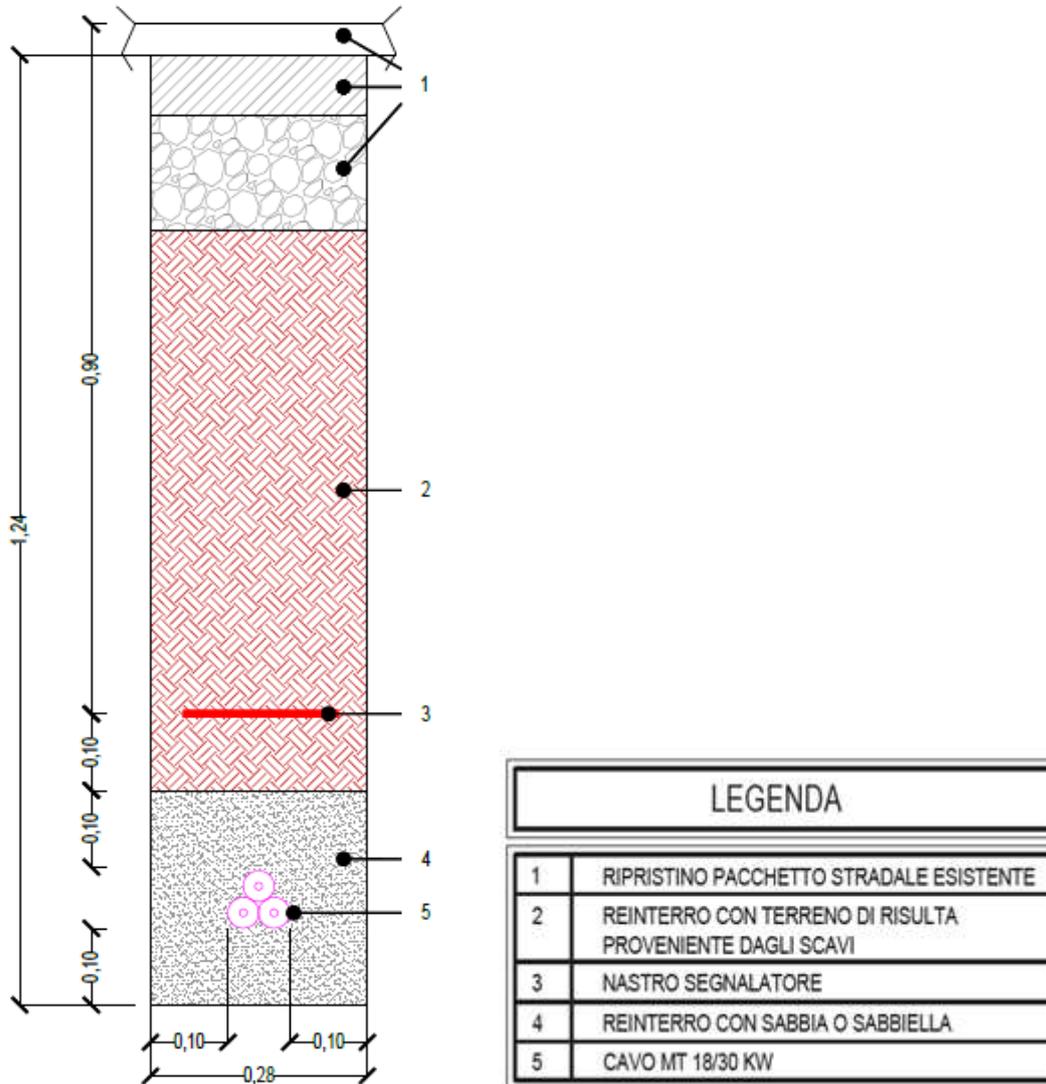


Figura 6- Particolare posa cavo MT

5.5 POWER STATION ED INVERTER

L'impianto in oggetto è costituito da n.9 MV POWER STATION, ovvero una Stazione di Potenza al cui interno è presente un inverter, un trasformatore di media e una cabina di media. Il dispositivo di conversione scelto per questo impianto è una MV Power Station 5000 marcato SMA Solar Technology AG (un esempio nella figura seguente).



Figura 7- Tipologico cabina di campo

Come si evince dalla configurazione riportata nelle figure precedenti, ai primi 6 gruppi di conversione afferiranno 22 String Box, ai gruppi di conversione 7 ed 8 afferiranno 20 String Box, mentre all'ultimo gruppo di conversione saranno collegati 9 String Box.

A monte di ogni inverter è presente un misuratore fiscale dell'energia prodotta che misura l'energia elettrica prodotta dal sottocampo fotovoltaico; la somma di tutti i misuratori darà la totale produzione dell'impianto.

Dopo il misuratore di produzione, per ciascun gruppo di conversione, è connesso un trasformatore BT/MT (400/30.000) il cui primario è connesso alla cella di MT al cui interno sarà installata la cella di Protezione Generatore, come prescritto dalla norma CEI 0-16.

5.6 CABINA ELETTRICA DI CAMPO

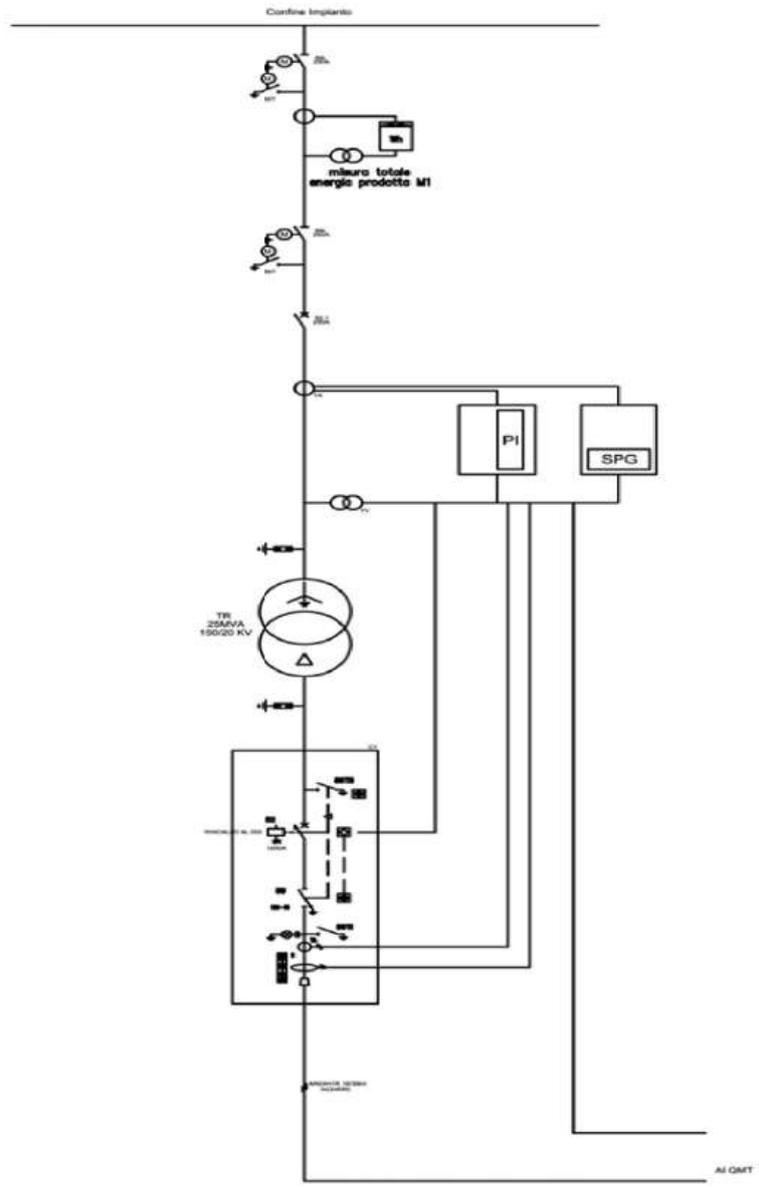
Le 9 stazioni di media sono collegate ad una Cabina di parallelo MT, conforme alle specifiche Enel, la cui struttura è di tipo monolitico, composta da un unico vano per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche. Una rappresentazione tipo della cabina suddetta è quella riportata nella figura seguente.



Figura 8- Tipologico cabina di parallelo MT

La cabina di parallelo MT è composta da:

- a) Cella contenente il DG (Dispositivo Generale) che assicura la separazione dell'intero impianto dell'utente dalla rete, comandato dalla PG (Protezione Generale);
- b) Cella misure;
- c) Cella trasformatore MT/BT servizi aux: sez. tripolare/terna di fusibili/sez. tripolare.
- d) Cella contenente il DDI (Dispositivo di Interfaccia) che assicura la separazione dell'impianto di produzione dalla rete, comandato dalla PI (Protezione d'interfaccia);
- e) Celle di Campo dotate di interruttori in SF₆, che assicurano il sezionamento dell'anello in caso di guasto o manutenzione.



6. GENERALITA' SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI

In generale, la radiazione elettromagnetica è prodotta da cariche elettriche in movimento. Ogni sistema alimentato elettricamente produce un campo elettromagnetico, anche se con intensità che possono essere estremamente basse. La caratterizzazione del fenomeno è eseguita tramite grandezze vettoriali:

vettore campo elettrico	\vec{E}	(V/m)
vettore campo magnetico	\vec{H}	(A/m)
vettore induzione magnetica	\vec{B}	(T)

La propagazione della radiazione si verifica alla velocità della luce ed è associata ad un trasporto di energia misurata dalla seguente grandezza scalare:

densità di potenza	S	(W/m ²)
--------------------	---	---------------------

Nello spazio libero la propagazione della radiazione elettromagnetica avviene nello stesso modo in ogni direzione tramite onde sferiche. La presenza di mezzi differenti e non omogenei porta invece a una complicazione del fenomeno, verificandosi vari tipi di interazioni quali riflessione e rifrazione, diffrazione, diffusione, assorbimento ecc. L'incidenza di radiazioni elettromagnetiche su sistemi biologici causa correnti indotte che possono dipendere da vari fattori quali l'intensità della radiazione, il rapporto tra la lunghezza d'onda della radiazione incidente e le dimensioni geometriche del corpo investito, le caratteristiche fisiche del corpo stesso.

Le radiazioni elettromagnetiche possono essere classificate in base alla lunghezza d'onda della radiazione incidente, quantità direttamente correlata alla frequenza di oscillazione, secondo le relazioni:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad e \quad w = hf$$

dove f è la frequenza, c è la velocità di propagazione, λ è la lunghezza d'onda, w è l'energia associata alla radiazione, h è la costante di Planck. L'energia corrispondente è, quindi, tanto maggiore quanto maggiore è la frequenza.

A frequenze maggiori di 2.42×10^{15} Hz è associata un'energia tale da determinare la ionizzazione della molecola dell'acqua: tali radiazioni sono dette ionizzanti (RI).

Di contro per frequenze inferiori a 2.42×10^{15} Hz si parla di radiazioni non ionizzanti (NIR).

Nella presente relazione quando si parla di campi elettrici e magnetici si intende quelli prodotti da radiazioni non ionizzanti.

I campi elettromagnetici NIR vengono suddivisi ulteriormente in campi elettromagnetici a bassa frequenza e campi elettromagnetici ad alta frequenza. Questa suddivisione non è formale, ma sostanziale. Infatti, nella prima classe ricadono tutti i campi elettromagnetici con frequenza tale per cui è possibile considerare l'ipotesi di quasi stazionarietà. Ciò si verifica quando le dimensioni geometriche del sistema

in oggetto sono tali che il tempo impiegato dai segnali elettromagnetici ad attraversarlo sia molto inferiore rispetto al tempo che caratterizza le variazioni delle sorgenti del campo elettrico e magnetico. In tali condizioni è possibile considerare campo elettrico e campo magnetico indipendenti l'uno dall'altro.

Della seconda categoria fanno parte i campi elettromagnetici con frequenza tale per cui campo elettrico e campo magnetico risultano dipendenti l'uno dall'altro. Le normative tecniche indicano come limite tra bassa frequenza ed alta frequenza l'intervallo 10÷100 kHz.

Questa suddivisione è importante in quanto influisce sulle metodologie di misura e di calcolo dei campi elettromagnetici, nonché sui criteri che fissano i valori limite nelle normative tecniche e nelle normative di legge.

Tutti gli apparati elettrici sono delle sorgenti di campo elettromagnetico, ma soltanto alcuni sono in grado di generare radiazioni di intensità tale da rendere necessari dei controlli per la tutela dello stato di salute delle persone esposte.

Di seguito viene riportata una tabella che indica alcune sorgenti di campo elettromagnetico ed in corrispondenza di ognuna è indicata la banda di frequenza delle radiazioni emesse:

SORGENTI	INTERVALLI DI FREQUENZA
Elettrodotti, stazioni di trasformazione e tutte le apparecchiature funzionanti a frequenza industriale	0Hz – 10 kHz
Forni ad induzione	10 kHz – 30 kHz
Riscaldatori ad induzione, schermi video e trasmettitori in AM	30 kHz – 300 kHz
Riscaldatori a radiofrequenza	3 MHz – 30 MHz
Trasmettitori in FM e Televisione	30 MHz – 300 MHz
Radiomobile, telefoni cellulari, forni a microonde	300 MHz – 3 GHz
Ponti radio	3 GHz – 30 GHz
Radar	30 GHz – 300 GHz

L'intensità dei campi elettromagnetici che si registrano in prossimità delle sorgenti riportate in tabella, dipende dalla loro potenza di emissione, dalla distanza e dalla posizione in cui ci si pone rispetto ad esse. Per questo motivo le simulazioni numeriche e le misure per la determinazione dei campi elettromagnetici e la conseguente verifica dei limiti normativi devono essere svolti considerando la potenza massima di emissione e le posizioni più critiche per l'esposizione.

Le sorgenti di campo elettromagnetico più diffuse nel territorio sono gli elettrodotti per le basse frequenze; invece per le alte frequenze sono le stazioni radio base per la telefonia mobile e gli impianti trasmettenti radiotelevisivi.

Gli elettrodotti emettono campo elettrico e campo magnetico prevalentemente alla frequenza industriale (50 Hz). L'intensità di campo elettrico aumenta all'aumentare della tensione dell'elettrodotto, mentre l'intensità di campo magnetico aumenta all'aumentare della corrente presente sulla linea. Ambedue queste grandezze diminuiscono man mano che ci si allontana dall'elettrodotto.

7. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

7.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IRRILEVANTI

7.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua, 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), peraltro di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici secondo la Norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono pertanto menzionate prove di compatibilità elettromagnetica poiché assolutamente irrilevanti.

7.1.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi, pertanto, sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto, il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N, 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013, CEI 0-16).

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%;
- i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
- le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
- la componente continua immessa in rete. La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche 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.

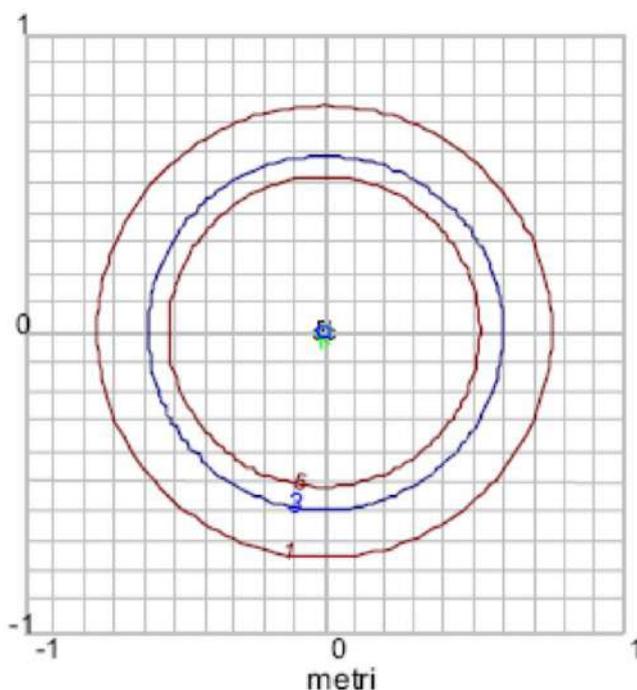
Inoltre, gli inverter, nella configurazione di campo precedentemente menzionata, risultano parte integrante delle cabine elettriche di campo, per il quale verrà calcolata nei paragrafi a seguire la distanza di prima approssimazione.

7.1.3 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 $3 \mu\text{T}$, anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi, in quanto frequentate da persone professionalmente esposte.

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.

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 ($50 \div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso, estinguendone pertanto gli effetti all'interno della medesima sezione di posa.



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 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.

7.2 CALCOLO DELLE DPA

Per gli elementi precedentemente menzionati e per cui non risulta irrilevante il calcolo del campo elettromagnetico, si provvederà alla determinazione delle DPA.

7.2.1 Metodologia

I calcoli che seguono servono a determinare la distanza di prima approssimazione (DPA) per i cavi e la cabina utilizzando le formule previste nel DM 29/05/08 e nella guida CEI 106-11, considerando che per la DPA si è utilizzata la formula riportata all' art. 5.2.1 del DM 29.05.08 di seguito riportata:

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

In cui:

I= corrente transitante;

x= diametro esterno dei cavi.

7.2.2 Power station

Il calcolo della DPA per le Power station, verrà effettuata in funzione della massima corrente in uscita, ricavata dalla scheda tecnica di prodotto. In particolare per le power station individuate si ha che la massima corrente risulta pari a 88 A. Considerando inoltre un diametro esterno dei cavi pari a 47mm (0.047 m), si ottiene:

$$DPA = \sqrt{88} \cdot 0.40942 \cdot 0.047^{0.5242} = 0.77 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

7.2.3 Cabina elettrica di campo

Il calcolo della DPA per le cabine elettriche di campo, verrà effettuata in funzione della massima corrente transitabile pari a c.ca 792 A. Considerando inoltre un diametro esterno dei cavi pari a 47mm (0.047 m), si ottiene:

$$DPA = \sqrt{792} \cdot 0.40942 \cdot 0.047^{0.5242} = 2.31 \approx 3 \text{ m}$$

8. CONCLUSIONI

Per quel che riguarda il campo di induzione magnetica, l'ampiezza delle DPA stimate per l'impianto in progetto è modesta (max 3 m intorno al perimetro della cabina di campo) e sempre ampiamente ricompresa all'interno dell'area del campo.

Per quanto detto sopra si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate.

Per quanto riguarda il campo elettrico, esso è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi, già per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.