

# REGIONE SARDEGNA

## PROVINCIA DI SUD SARDEGNA

### COMUNE DI TEULADA

Oggetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
DELLA POTENZA DI 42,5919 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL  
COMUNE DI TEULADA  
LOCALITÀ S'ACQUA SASSA**

Elaborato :

REL007 - RELAZIONE SULLA VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

TAVOLA:

REL007

PROPONENTE :

Alter Uno S.R.L. Unipolare

Sede  
Via Principessa Clotilde 7, 00196 Roma (RM)



PROGETTAZIONE :



GAMIAN CONSULTING SRL

Sede  
Via Gioacchino da Fiore 74  
87021 Belvedere Marittimo (CS)

Tecnico  
Ing. Gaetano Voccia

Team Tecnico  
Guerriero Alessandra    Cairo Stefano  
Greco Francesco        Addino Roberto  
Martorelli Francesco



SCALA:

DATA:

Novembre 2022

REDAZIONE :

CONTROLLO :

APPROVAZIONE :

Codice Progetto: FM.21.002

Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA e AU

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI</b> .....	<b>6</b>
	<b>3.1 Generalità</b> .....	<b>6</b>
	<b>3.2 Inverter</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	<b>10</b>
	<b>4.1 Campi elettromagnetici impianto agro-fotovoltaico</b> .....	<b>10</b>
	<b>4.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>20</b>

## 1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell’impianto agro-fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi. L’impianto che la Società Alter Uno S.r.l. Unipolare presenta in autorizzazione è composto da campi agro-fotovoltaici, siti nel comune di Teulada (SU) in località “S’Acqua Sassa”. L’impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 72,6251 Ha (726.251 m<sup>2</sup>). L’impianto avrà una potenza di 42.591,9 kWp e l’energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite una futura stazione RTN a 150/36 kV da inserire in e-e alla linea “Villaperuccio – Teulada – S. Margherita”, previo potenziamento/rifacimento della linea RTN 150 kV “Teulada – Cagliari Sud”. Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) del sito di impianto sono:

<b>Coordinate impianto</b>	
<b>Lat:</b>	<b>38.9641827</b>
<b>Long:</b>	<b>8.735673</b>



Figura 1 – Ubicazione dell’area d’impianto (Google Earth)

In particolare per l’impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute agli inverter ed ai cavidotti. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette. Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti. Verrà riportata l’intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall’asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo. Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

## 2 **NORMATIVA 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".

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 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai  $3\mu\text{T}$  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 (circa 40 MW). Come detto, il 22 febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz. Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento. Il 28 agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0,2	-
>3 – 3000	20	0,005	1
>3000– 300000	40	0,01	4

Tabella 1 - Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300.000	6	0,016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Tabella 2 - Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore.

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

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300.000	6	0,016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

**Tabella 3** Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7.

### 3 DESCRIZIONE SOMMARIARIA DEGLI IMPIANTI

#### 3.1 Generalità

L’impianto agro-fotovoltaico “FV\_TEULADA” sorgerà nel comune di Teulada (SU), località “S’Acqua Sassa”, e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale. L’estensione complessiva del campo fotovoltaico sarà pari a circa 72,6251 Ha (726.251 m<sup>2</sup>) e la potenza complessiva dell’impianto sarà pari a 42.591,9 kWp. L’impianto del progetto “FV\_TEULADA” sorgerà nelle particelle catastali 473 del foglio di mappa catastale n. 309; nelle particelle catastali n. 8 – 9 – 10 – 24 – 25 – 53 – 54 – 103 del foglio di mappa n. 311 e nelle particelle 1 – 3 – 9 del foglio di mappa n. 702.

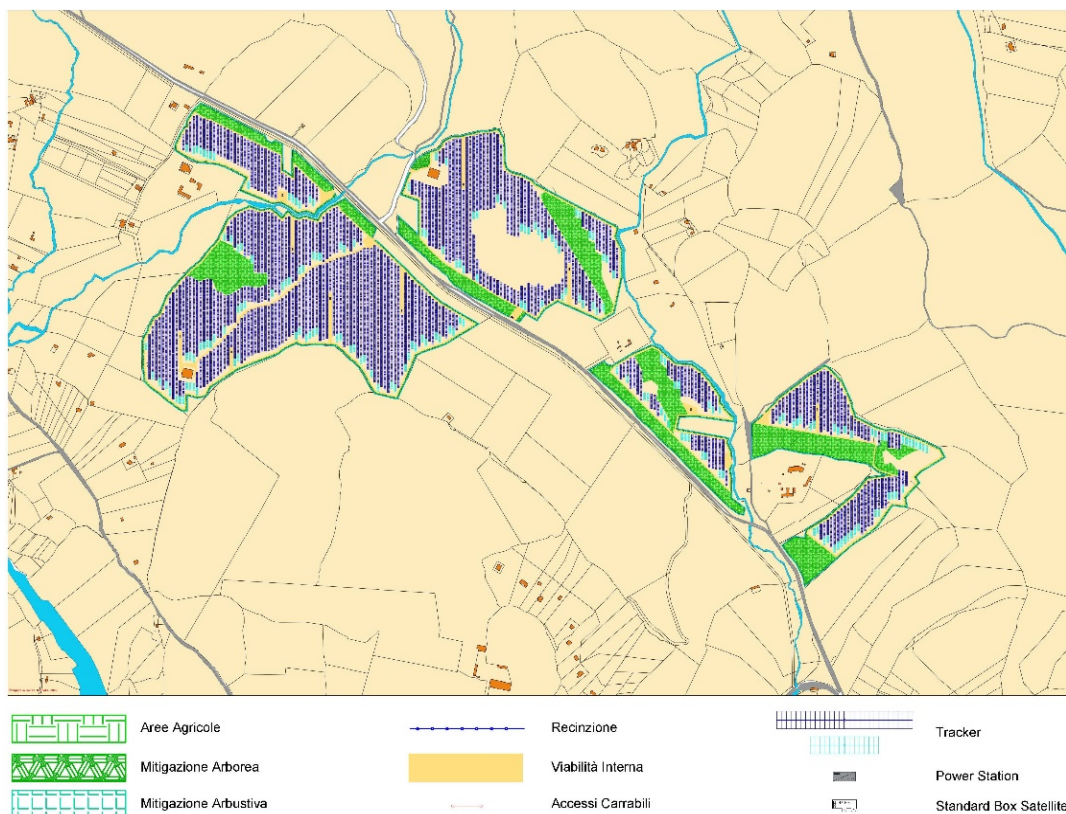


Figura 2 – Layout dell’area d’impianto ricadente nel territorio di Teulada (SU) località S’Acqua Sassa, su base catastale.

Il parco fotovoltaico, mediante i cavidotti interrati uscenti dalle cabine di impianto alla tensione di 36 kV, sarà collegato alla futura stazione a 150 kV, come prescritto nella soluzione tecnica. Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 132 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino da 2.384 x 1.303 mm, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 670 Wp. L’impianto sarà costituito da un totale di 63.570 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 42.591,9 kWp. La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n° 10 SUNNY CENTRAL 4000 UP-US con potenza nominale di 4000 kVA. I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 4000 kVA a singolo secondario ed avranno una tensione primaria di 36 kV ed una tensione secondaria di 600 V. Ognuno di essi sarà alloggiato all’interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con un inverter di competenza.

### 3.2 Inverter

## SUNNY CENTRAL 4000 UP-US / 4200 UP-US / 4400 UP-US / 4600 UP-US



#### Efficient

- Up to 4 inverters can be transported in one standard shipping container
- Oversizing up to 180% is possible
- Full power at ambient temperatures of up to 35 °C

#### Robust

- Intelligent air cooling system OptiCool for efficient cooling
- Suitable for outdoor use in all climatic ambient conditions worldwide

#### Flexible

- Conforms to all known grid requirements worldwide
- Q on demand
- DC-coupled storage with optional charging from grid

#### Easy to Use

- Improved DC connection area
- Connection area for customer equipment
- Integrated voltage support for internal and external loads

## SUNNY CENTRAL 4000 UP-US / 4200 UP-US / 4400 UP-US / 4600 UP-US

The new Sunny Central: more power per cubic meter

With an output of up to 4600 kVA and system voltages of 1500 V DC, the SMA central inverter allows for more efficient system design and a reduction in specific costs for PV power plants. A separate voltage supply and additional space are available for the installation of customer equipment. True 1500 V technology and the intelligent cooling system OptiCool ensure smooth operation even in extreme ambient temperature as well as a long service life of 25 years.



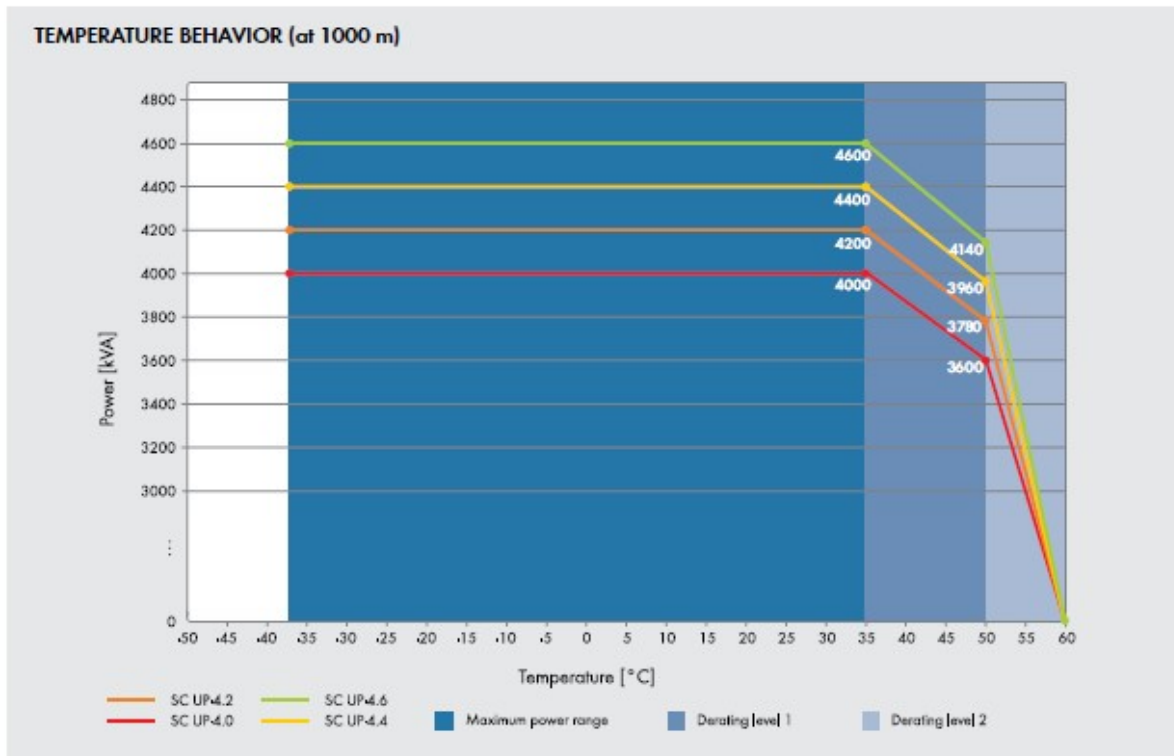
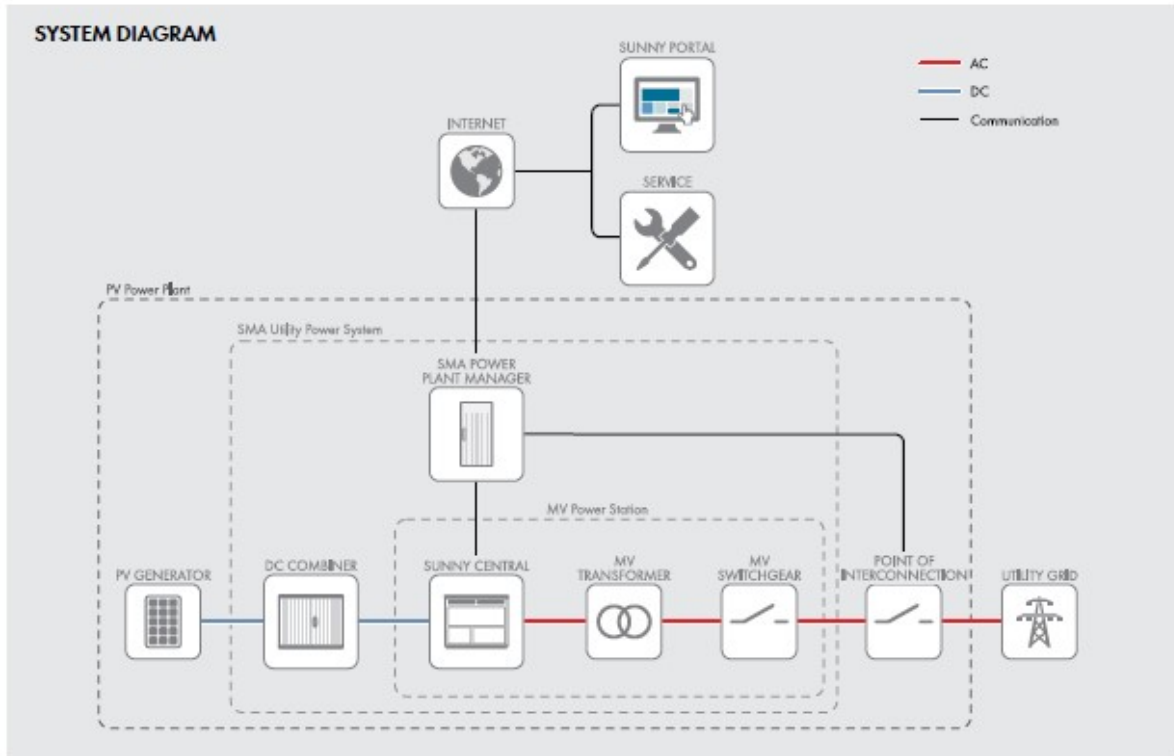
## SUNNY CENTRAL 4000 UP-US / 4200 UP-US

Technical data	SC 4000 UP-US	SC 4200 UP-US
<b>Input [DC]</b>		
MPP voltage range $V_{DC}$ (at 25 °C / at 50 °C)	880 to 1325 V / 1050 V	921 to 1325 V / 1050 V
Min. input voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Max. input voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V
Max. input current $I_{DC, max}$	4750 A	4750 A
Max. short-circuit current $I_{DC, sc}$	8400 A	8400 A
Number of DC inputs	24 double pole fused (32 single pole fused)	
Number of DC inputs with optional DC coupling of battery	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV, 6 double pole fused for batteries	
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>	
Integrated zone monitoring	o	
Available PV fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Available battery fuse size (per input)	750 A	
<b>Output [AC]</b>		
Nominal AC power at $\cos \varphi = 1$ (at 35 °C / at 50 °C)	4000 kVA <sup>1)</sup> / 3600 kVA	4200 kVA <sup>1)</sup> / 3780 kVA
Nominal AC power at $\cos \varphi = 0.8$ (at 35 °C / at 50 °C)	3200 kW <sup>1)</sup> / 2880 kW	3360 kW <sup>1)</sup> / 3024 kW
Nominal AC current $I_{AC, max}$ (at 35 °C / at 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range <sup>1)</sup>	600 V / 480 V to 720 V	630 V / 504 V to 756 V
AC power frequency / range	50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals <sup>9)</sup>	> 2	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable <sup>10)</sup>	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency <sup>2)</sup> / European efficiency <sup>3)</sup> / CEC efficiency <sup>4)</sup>	98.8% / 98.6% / 98.5%	98.8% / 98.7% / 98.5%
<b>Protective Devices</b>		
Input-side disconnection point	DC load break switch	
Output-side disconnection point	AC circuit breaker	
DC overvoltage protection	Surge arrester, type I	
AC overvoltage protection (optional)	Surge arrester, class I	
Lightning protection (according to IEC 62305-1)	Lightning Protection Level III	
Ground-fault monitoring / remote ground-fault monitoring	o / o	
Insulation monitoring	o	
Degree of protection	NEMA 3R	
<b>General Data</b>		
Dimensions (W / H / D)	2780 / 2318 / 1588 mm (109.4 / 91.3 / 62.5 inch)	
Weight	< 3700 kg / < 8158 lb	
Self-consumption (max. <sup>4)</sup> / partial load <sup>5)</sup> / average <sup>6)</sup>	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Self-consumption (standby)	< 370 W	
Internal auxiliary power supply	o Integrated 8.4 kVA transformer	
Operating temperature range (optional) <sup>7)</sup>	(-37 °C) -25 °C to 60 °C / (-37 °F) -13 °F to 140 °F	
Noise emission <sup>8)</sup>	65.0 dB(A)*	
Temperature range (standby)	-40 °C to 60 °C / -40 °F to 140 °F	
Temperature range (storage)	-40 °C to 70 °C / -40 °F to 158 °F	
Max. permissible value for relative humidity (condensing / non-condensing)	95% to 100% (2 month/year) / 0% to 95%	
Maximum operating altitude above MSL <sup>11)</sup> 1000 m / 2000 m	● / o (earlier temperature-dependent derating)	
Fresh air consumption	6500 m <sup>3</sup> /h	
<b>Features</b>		
DC connection	Terminal lug on each input (without fuse)	
AC connection	With busbar system (three busbars, one per line conductor)	
Communication	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Communication with SMA string monitor (transmission medium)	Modbus TCP / Ethernet (FO MM, Cat5)	
Enclosure / roof color	RAL 9016 / RAL 7004	
Supply transformer for external loads	o [2.5 kVA]	
Standards and directives complied with	UL 62109-1, UL 1741 (Chapter 31, CDR 6), NERC, UL 1741-SB, UL 1998, IEEE 1547-2018 <sup>12)</sup> , MIL-STD-810G	
EMC standards	FCC Part 15 Class A	
Quality standards and directives complied with	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	

● Standard features o Optional

1) At nominal AC voltage, nominal AC power decreases in the same proportion  
2) Efficiency measured without internal power supply  
3) Efficiency measured with internal power supply  
4) Self-consumption at rated operation  
5) Self-consumption at < 75% Pn at 25 °C  
6) Self-consumption averaged out from 5% to 100% Pn at 25 °C  
7) Sound pressure level at a distance of 10 m

8) Values apply only to inverters. Permissible values for SMA MV solutions from SMA can be found in the corresponding data sheets.  
9) A short-circuit ratio of < 2 requires a special approval from SMA  
10) Depending on the DC voltage  
11) Nominal power at 35 °C max DC voltage of 1050 V  
12) Harmonics are within IEEE 1547-2018 limits with at least 2 inverters in operation



SC00001810104-01-07 All products and services described and official data are subject to change, see for reasons of consistency specific declarations, or any file without notice. SMA assumes no liability for typographical or other errors. For current information, please see www.sma-solutions.com

Toll Free +1 888 4 SMA USA  
www.SMA-America.com

SMA America, LLC

## 4 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 4.1 Campi elettromagnetici impianto agro-fotovoltaico

#### 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 transistori 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.

#### 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 disinserzione dell’impianto agro-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.

### 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 elicordati, 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.

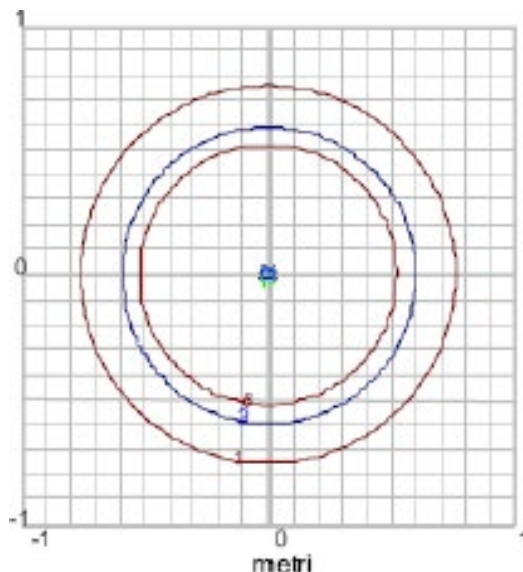


Figura 3 - Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)

Si fa notare peraltro che 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 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

### Cabine elettriche Inverter trasformatore Storage

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 4.000 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. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

*DPA*= distanza di prima approssimazione (m)

*I* = corrente nominale (A)

*x* = diametro dei cavi (m)

Considerando che *I* = 3850 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3(7x300) mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 34,06 mm, si ottiene una *DPA*, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m. D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

#### Cabina elettrica MT e di Stazione utente

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT d'impianto, alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dalle cabine di trasformazione, all'interno della quale, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT, in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari. La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A. Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 645 A. Considerando che il cavo scelto in uscita dalla cabina d'impianto è, come detto, (3x1x630), con un diametro esterno massimo pari a 58 mm, si ottiene una *DPA*, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3 m. D'altra parte, anche nel caso in questione la cabina normalmente non è presidiata.

#### Altri cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

## 4.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse

### Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Visto l'impianto agro-fotovoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posta in parallelo, alla distanza di circa 25 cm con un' analoga terna di cavi MT che trasporta verso la medesima stazione di utenza, l'intera potenza di un impianto FV non lontano da quello in esame, caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure.

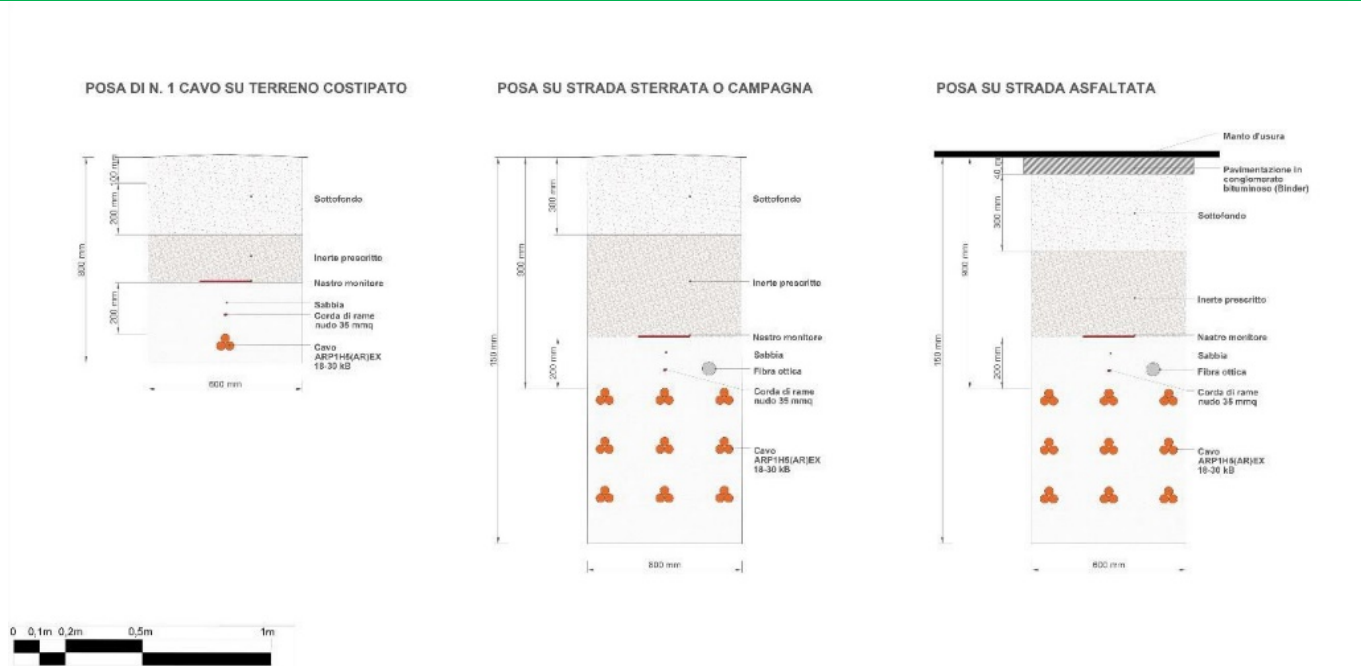


Figura 4 - Sezione tipica di posa della linea in cavo

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 36 kV che trasferiscono l'intera potenza dell'impianto FV verso la stazione. Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento della cabina d'impianto al quadro MT della stazione, si prevede invece l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>, posati a trifoglio.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{42,5919 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 36 \cdot 10^3} = 719,02 \text{ A}$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 720 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21. La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze. Nella seguente Figura 5 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative a due differenti impianti fotovoltaici, nella medesima trincea. Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

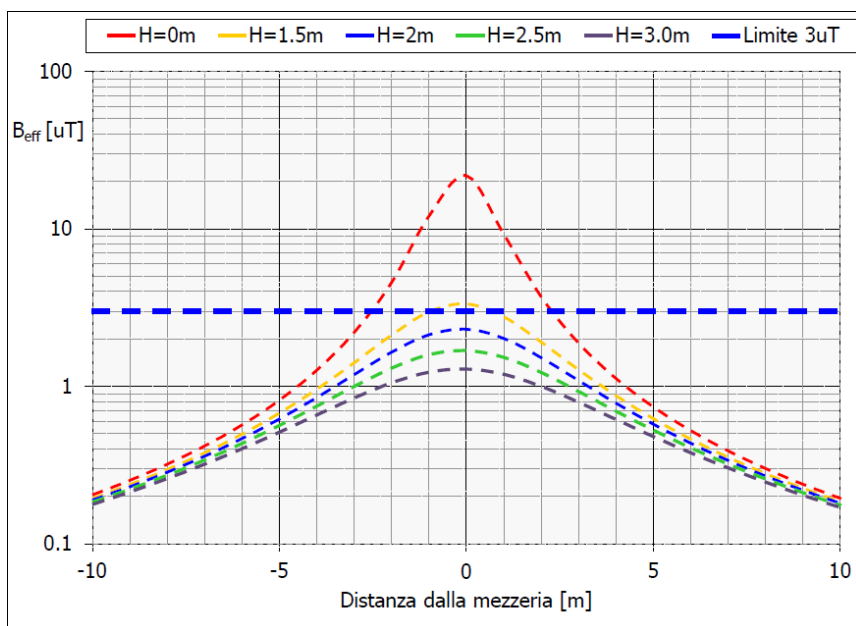


Figura 5 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto. È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto agro-fotovoltaico, che, come detto, è pari a 645 A nelle condizioni di massima erogazione, per entrambe le terne. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle due terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 405 A. In tal caso il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

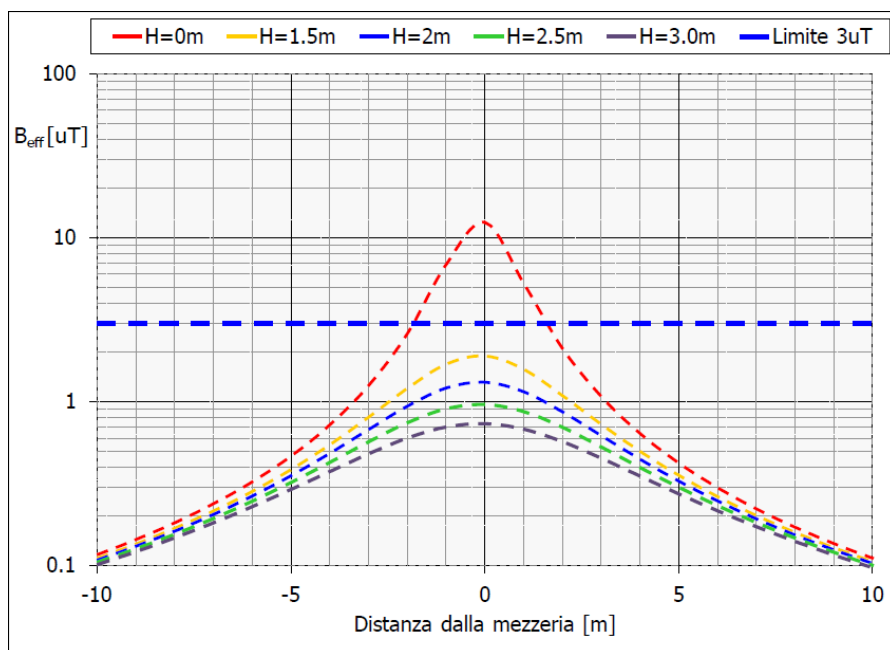


Figura 6 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a  $3 \mu\text{T}$  in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata. Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 720 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

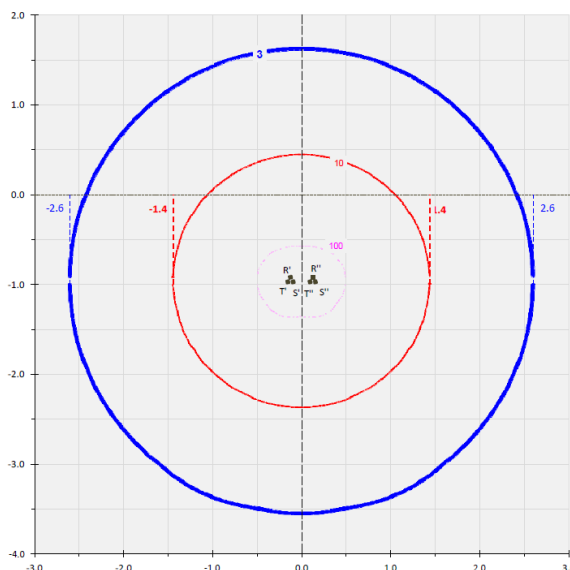


Figura 7 - Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio ( $I_{max}=720\text{A}$ ; formazione (3x1x630))

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

#### Stazione elettrica e Linee in corrente alternata in Alta tensione

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati). I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 220 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.



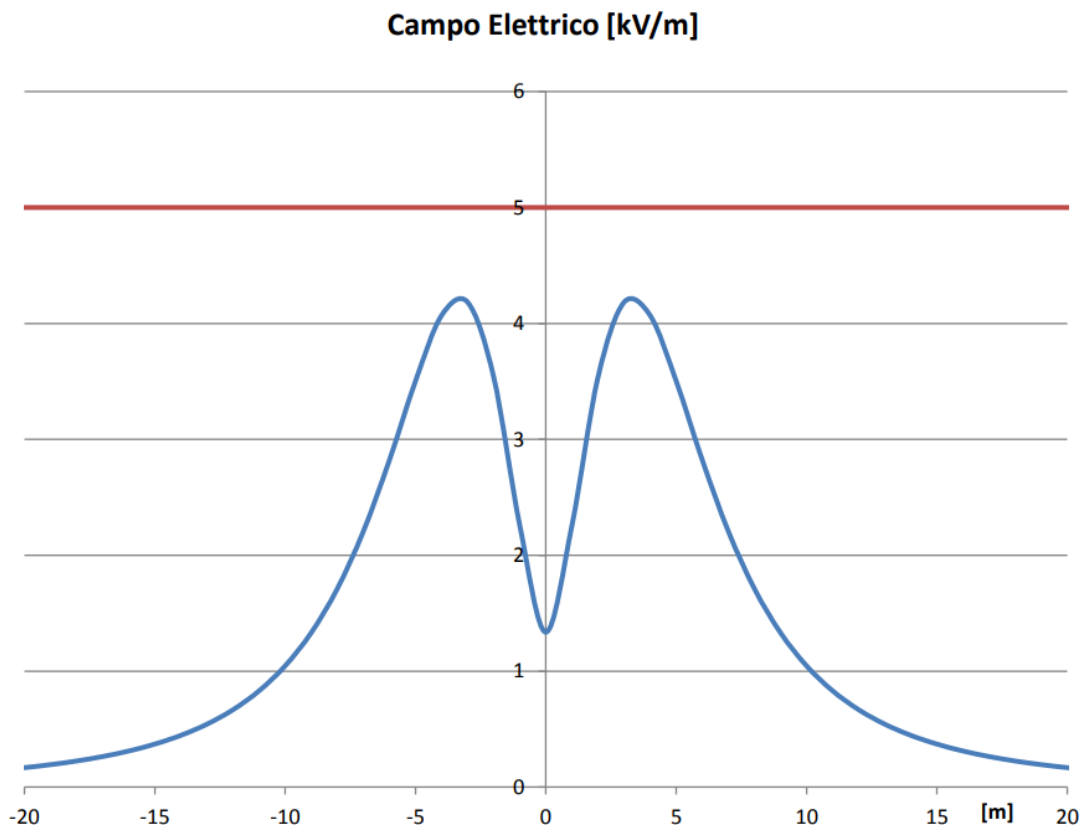


Figura 8 - Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 220 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle vie dei cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di  $3 \mu\text{T}$  a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea. I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge. A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione.

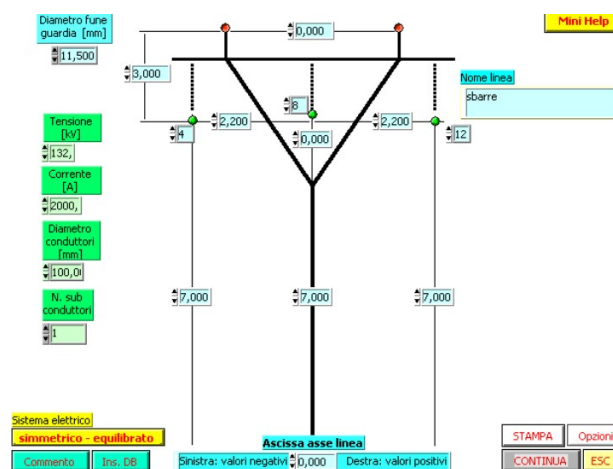


Figura 9

Con conduttori percorsi da una terna trifase (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

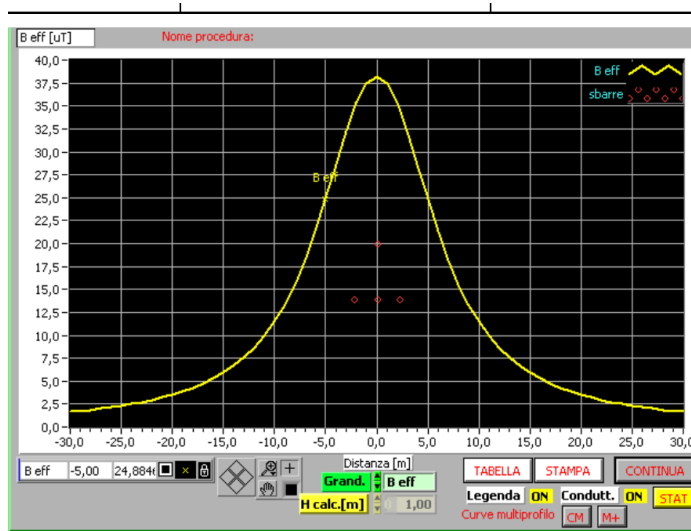


Figura 10

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di 3  $\mu$ t. Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60 m
Formazione	Una terna a Trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitor in PVC – profondità	1,00 m circa

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori. Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto. Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 530 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 530 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori.

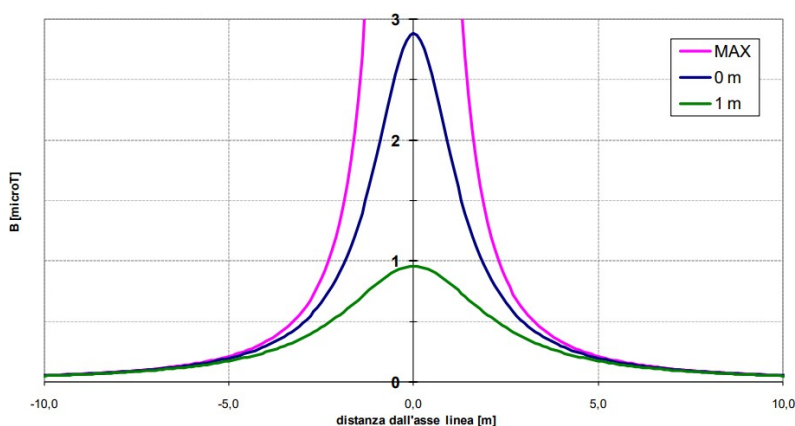
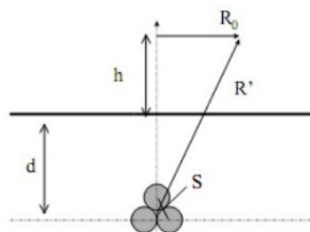


Figura 11 - Andamento dell'Induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo

Il limite di 3  $\mu$ T si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5 m. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate. Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo. Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4. Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti d'induzione magnetica pari a 3  $\mu$ T. La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$$S = 0.11 \text{ m}$$

$$I = 530 \text{ A}$$

Si ottiene:

$$R' = 2.18 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro, fornisce un **valore della fascia di rispetto paria a 3 m per parte**, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

### **Analisi dei risultati ottenuti**

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3  $\mu$ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto MT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 3m a cavallo della mezzera di tutto il cavidotto MT. D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 luglio 2003. La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione e Stazione, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione AT/MT e del cavidotto MT che collega l'impianto alla Stazione.

## 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 media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 220 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione. 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 ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni 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. Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno. Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione 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 4.000 kVA), già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto agro-fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

**L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**