

BONA ENERGIA S.r.l

Via G. Boccaccio 7 - 20123 Milano (MI)



Regione Siciliana

Assessorato Regionale dell'Energia e dei servizi di pubblica utilità  
Dipartimento dell'Energia

Realizzazione di parco fotovoltaico della potenza complessiva di 98.89 MW  
e relativo cavidotto da realizzarsi nel territorio del comune di Catania,  
c/da Sigona



Elaborato : Relazione verifica campi elettromagnetici

Progettazione		<b>R<sub>CEM</sub></b>
dott ing Giuseppe De Luca	Geologia: _____	
		
Ambiente: _____	Collaborazione alla progettazione	
	dott ing Chiara Morello	geom. Antonio Lanza
		

## Sommario

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMESSE</b> .....	<b>2</b>
<b>RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI: LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>VALUTAZIONE RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI: FATTORI DA CONSIDERARE</b> .....	<b>4</b>
<b>MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAL RISCHIO CEM</b> .....	<b>5</b>
<b>DEFINIZIONI</b> .....	<b>6</b>
<b>DESCRIZIONE ARCHITETTURA DI IMPIANTO</b> .....	<b>7</b>
<b>IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI E DEI RECETTORI</b> .....	<b>20</b>
SORGENTI .....	20
RECETTORI.....	21
<b>ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	<b>22</b>
NORMATIVA.....	22
CAMPO ELETTROMAGNETICO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	22
CAMPO ELETTROMAGNETICO INVERTER .....	22
CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLE CABINE DI TRASFORMAZIONE.....	24
CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI EMESSI DALLA LINEA INTERRATA IN ESAME.....	25
<i>Cavi in MT</i> .....	25
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>28</b>

## **Premesse.**

La presente relazione tecnica si riferisce al progetto dell'allacciamento e messa in servizio di un impianto di produzione fotovoltaica di potenza installata complessiva di 98,89 MW denominato "Bona Energia" sito in territorio del comune di Catania in c/da Sigona.

In particolare, lo scopo della relazione è, in via previsionale, la valutazione del rischio campi elettromagnetici (CEM) che possano derivare dall'esercizio dell'impianto, operante in parallelo con la rete elettrica nazionale.

In questa sede verranno valutate anche le eventuali fasce di rispetto dai conduttori.

La presente valutazione dei rischi è uno strumento importante per la tutela della salute e la sicurezza dei lavoratori esposti, e viene predisposta ai sensi del Testo Unico (articolo 207), che individua il campo di applicazione nei "campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, di frequenza inferiore o pari a 300 GHz".

## Rischio campi elettromagnetici: le normative di riferimento

Le leggi italiane, nazionali e regionali, prevedono che, in sede di progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica, si debbano applicare criteri specifici per tutelare la popolazione e i lavoratori dai possibili effetti dei campi elettrici e di induzione magnetica dispersi, individuando i livelli di riferimento per il conseguimento di questo obiettivo. La legislazione e le norme tecniche forniscono gli strumenti per l'analisi e la determinazione dei livelli attesi. Di seguito si elencano le principali fonti normative e tecniche di riferimento.

- **Legge quadro 22.02.2001, n. 36**, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08.07.2003**, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- Valutazione dei rischi secondo il **Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257** Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici);
- **D.Lgs. 81/08 - Capo IV (Titolo VIII)** : "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici";
- **D.M. 29.05.2008**: approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica (G.U. n. 153 del 02.07.2008).
- **D.M. 29.05.2008**: approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (G.U. n. 160 del 05.07.2008).
- Direttiva Europea 2013/35/UE, recepita in Italia con il **D.Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016**;
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici", pubblicata dalla Commissione Europea.
- Norme tecniche di riferimento (*elenco non esaustivo*) per quanto riguarda misura e valutazione dei campi elettromagnetici e procedure di valutazione all'esposizione:
  - CEI 211-6: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
  - CEI 211-7: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana".
  - CEI EN 50499: "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici".

## Valutazione rischio campi elettromagnetici: fattori da considerare

La valutazione dei rischi da CEM permette di comprendere l'entità dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dagli effetti nocivi di tali campi.

Gli **effetti possono essere diretti o indiretti**, e le normative si pongono l'obiettivo di proteggere la persona da entrambi. I primi sono quelli immediatamente riscontrabili, e che possono provocare ad esempio nausea, riscaldamento del corpo (o parti di esso), effetti su nervi, muscoli o organi sensoriali.

Gli effetti indiretti, invece, insorgono a livelli espositivi più bassi e riguardano, ad esempio:

- interferenze con dispositivi elettronici impiantati passivi (protesi, piastre di metallo, ecc.);
- interferenze con dispositivi elettronici impiantati attivi (come pacemaker o defibrillatori impiantati);
- interferenze con altre attrezzature e dispositivi medici elettronici;
- innesco involontario di detonatori, incendi o esplosioni;
- effetti su schegge metalliche, tatuaggi, body piercing e body art;
- scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto.

Secondo quanto previsto all'art. 209 (comma 4) del D.Lgs. 81/08, in fase di valutazione dei rischi da campi elettromagnetici **i fattori da considerare sono:**

- livello, spettro di frequenza, durata e tipo di esposizione;
- valori limite di esposizione e valori di azione;
- effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori;
- effetti indiretti (ad esempio, quelli elencati in precedenza);
- esistenza di attrezzature di lavoro alternative, volte a ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai CEM;
- informazioni raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria;
- sorgenti multiple di esposizione;
- esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

## Misure di prevenzione e protezione dal rischio CEM

Per la valutazione dei rischi, vengono presi come riferimento due parametri fondamentali: valori limite di esposizione e valori di azione.

I primi si basano sugli effetti sulla salute (accertati) e su considerazioni biologiche, in modo che i lavoratori esposti siano protetti contro gli effetti nocivi a breve termine.

I valori limite di azione, invece, riguardano parametri direttamente misurabili, come:

- intensità di campo elettrico (E);
- intensità di campo magnetico (H);
- induzione magnetica (B);
- densità di potenza (S).

In base ai dati rilevati, andrà stabilito se e quali misure di prevenzione e protezione mettere in atto.

Il datore di lavoro, infatti, dovrà tenere in considerazione:

- altri metodi di lavoro che implicino una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, a seconda del lavoro da svolgere;
- misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso (se necessario) l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni;
- progettazione e struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Il rispetto dei valori limite di azione assicura, quindi, anche quello dei valori limite di esposizione.

## Definizioni

- 1. Campo elettrico:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- 2. Campo magnetico:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 3. Campo di induzione magnetica:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 4. Frequenza:** così come definita nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 5. Elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione  
**Limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione dalla popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a) della Legge Quadro;
- 6. Valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- 7. Obiettivi di qualità:** o sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della Legge Quadro; o sono i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.
- 8. Fascia di rispetto:** è definita come lo spazio circostante un elettrodotto (al di sopra e al di sotto) del livello del suolo, costituito da tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di valore superiore all'obiettivo di qualità per l'induzione magnetica di 3 [ $\mu$ T], stabilito dal già citato D.P.C.M. 8 luglio 2003.
- 9. Distanza di prima approssimazione (Dpa):** distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dal centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

## Descrizione architettura di impianto.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico da realizzare nel territorio del comune di Catania in c/da Sigona in un'area di PRG E – verde agricolo. I campi verranno allacciati attraverso un cavidotto interrato alla Stazione Utente, da lì alla futura stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN di Pantano d'Arce da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Paternò / Priolo”.

L'intero parco verrà suddiviso in 4 distinti campi, e risulta raggiungibile attraverso la viabilità pubblica.

L'impianto fotovoltaico di progetto ha una potenza complessiva di picco installata pari a 98,89 MW e si svilupperà su un'area dell'estensione di circa 155,44 Ha.

È prevista la messa in opera di tracker monoassiali con inseguitore, orientati con l'asse di rotazione in direzione nord – sud.

I tracker saranno di due tipologie, da 26 e da 13 moduli della marca Tenka Solar Orion Serie X e presenteranno potenza di picco pari 600 W.

I supporti metallici verranno ancorati al suolo tramite fondazioni infisse nel terreno (chiodature, pali battuti o vitoni) senza l'ausilio di opere in cemento armato.

Oltre l'installazione dei pannelli e dei moduli, è prevista la posa in opera di sistemi accessori quali cavidotti, cabine inverter e cabine di raccolta.

Tutti i collegamenti interni ai campi avverranno mediante cavidotti interrati, con tensione di esercizio pari a 30 kV per i collegamenti Inverter – Cabine di raccolta dei singoli campi, e con tensione di esercizio pari a 30 kV per il collegamento dalla Cabina di raccolta generale – Stazione utente.

Per quanto esposto necessitano opere aggiuntive, come recinzione, e la viabilità in stabilizzato naturale, alla medesima quota del piano di campagna.

L'impianto sarà corredato da 33 inverter, 4 cabina di raccolta, 1 cabina di raccolta generale, 1 container con funzione di uffici e 4 container magazzino.

Operativamente, durante le ore giornaliere l'impianto fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua.

La corrente prodotta è inviata attraverso i quadri di sottocampo agli inverter i quali la inviano ai trasformatori esterni integrati, che convogliano l'energia prodotta alle cabine di raccolta dei singoli campi.

Ogni trasformatore a valle dell'inverter è collegato mediante un cavidotto MT interrato denominato “cavidotto interno” ad ogni cabina di raccolta per campo a partire dalle quali si svilupperà un cavidotto MT interrato che giungerà alla cabina di raccolta generale ubicata nel campo 2 e da lì, attraverso un “cavidotto esterno”, ci si collegherà alla stazione utente.

I campi saranno delimitati da una recinzione continua lungo il perimetro dell'area d'impianto che sarà costituita da elementi modulari rigidi in tondini di acciaio elettrosaldati di diverso diametro che conferiscono una particolare resistenza e solidità alla recinzione. Essa offre una notevole protezione da eventuali atti vandalici, lasciando inalterato un piacevole effetto estetico e costituisce un sistema di fissaggio nel rispetto delle norme di sicurezza.

La recinzione avrà altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti ad interassi regolari di circa 1 m con 4 fissaggi su ogni pannello ed infissi nel terreno alla base fino alla profondità

massima di 1,00 m dal piano campagna.

A distanze regolari di 4 interassi le piantane saranno controventate con paletti tubolari metallici inclinati con pendenza 3:1.

Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia si prevede di installare la recinzione in modo da garantire lungo tutto il perimetro dell'impianto un varco di 20 cm rispetto al piano campagna.

L'accesso alle aree d'impianto avverrà attraverso quattro cancelli carrai scorrevoli, con luce netta 7,00 m e scorrevoli montati su un binario in acciaio fissato su un cordolo di fondazione in cls armato, dal quale spiccano i pilastri scatolari quadrati 120x 4 che fungono da guide verticali.

All'interno delle aree d'impianto e perimetralmente alla recinzione è previsto un sistema di illuminazione e videosorveglianza che sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato.

L'illuminazione avverrà dall'alto verso il basso in modo da evitare la dispersione verso il cielo della luce artificiale in accordo con quanto previsto dalla normativa regionale e nazionale in materia di inquinamento luminoso.

Dalla cabina di raccolta si dipartirà un cavidotto interrato che giungerà fino alla stazione utente.

Dalla stazione utente si svilupperà un elettrodotto in posa sotterranea che giungerà fino alla stazione elettrica condivisa "Pantano d'Arci", ove è stato assegnato il punto di connessione.

Ogni tracker viene fissato al terreno senza l'ausilio di cemento armato, o con i vitoni o con la tecnica del battipalo.



# ORION

Serie X

## DUAL GLASS BIFACIAL 580 - 600 Watt



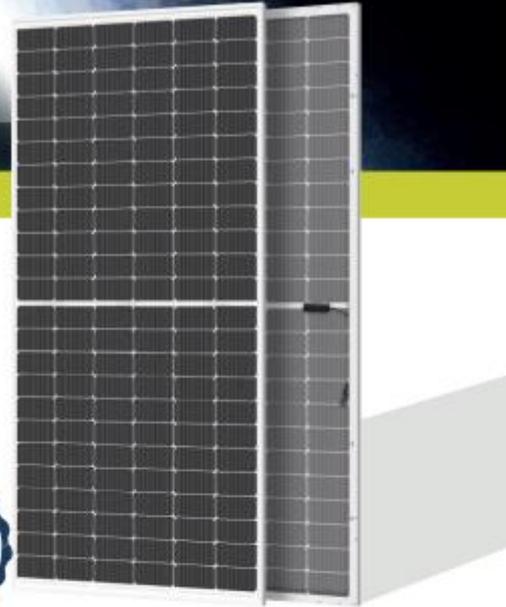
### KEY FEATURES

Our solar cells offer high conversion efficiency to ensure the highest quality.

Our high performing modules enable cost savings in mounting, cabling and labour of up to 15%.

The modules can withstand high wind-pressure, snow loads and extreme temperatures.

Passed IEC 5400 Pa mechanical loading test  
PID Resistance Available.

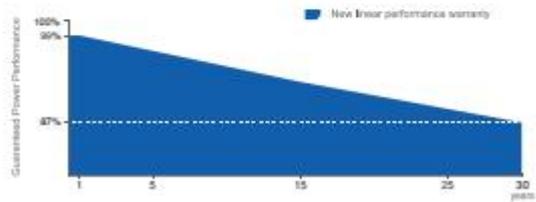


### QUALITY AND SAFETY



- ☑ Industry leading power output warranty  
30 years/87,4%
- ☑ 30-year warranty on materials & workmanship
- 🔥 Fire Rating: Class 1

### PREMIUM PERFORMANCE WARRANTY



### APPLICATIONS



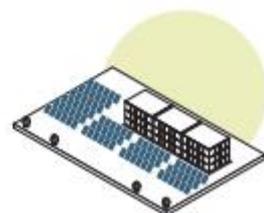
On-grid residential roof-tops



On-grid commercial - industrial roof-tops



Solar power plants



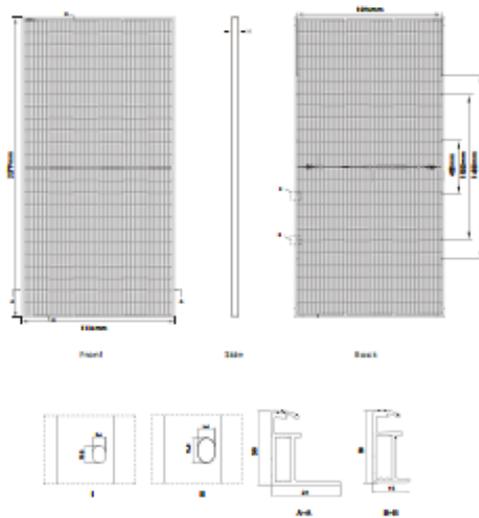
Off-grid systems



[WWW.TENKASOLAR.COM](http://WWW.TENKASOLAR.COM)

ISO9001:2015; ISO14001:2015; OH SAS18001 certified factory; IEC61215; IEC61730 certified products

## ENGINEERING DRAWINGS



## PACKAGING CONFIGURATION

Standard packaging	36pcs/pallet
Module quantity per 20' container	N/A
Module quantity per 40' container	720pcs/40HQ

## SPECIFICATIONS

Module Type <sup>(1)</sup>	TKA580M-144-BF		TKA585M-144-BF		TKA590M-144-BF		TKA595M-144-BF		TKA600M-144-BF	
	STC <sup>(2)</sup>	NMOT <sup>(3)</sup>								
Maximum Power (Pmax)	580Wp	436Wp	585Wp	440Wp	590Wp	444Wp	595Wp	448Wp	600Wp	452Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.80V	39.86V	43.00V	40V	43.20V	40.15V	43.40V	40.29V	43.60V	40.43V
Maximum Power Current (Imp)	13.60A	10.94A	13.66A	11.00A	13.72A	11.06A	13.78A	11.12A	13.84A	11.18A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.40V	48.89V	50.60V	49.08V	50.80V	49.27V	51.00V	49.46V	51.20V	49.65V
Short-circuit Current (Isc)	14.35A	11.6A	14.41A	11.65A	14.47A	11.7A	14.53A	11.75A	14.59A	11.8A
Module Efficiency (%)	22.44%		22.64%		22.83%		23.02%		23.22%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500V DC									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0 ~ +5W									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2 °C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

## BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

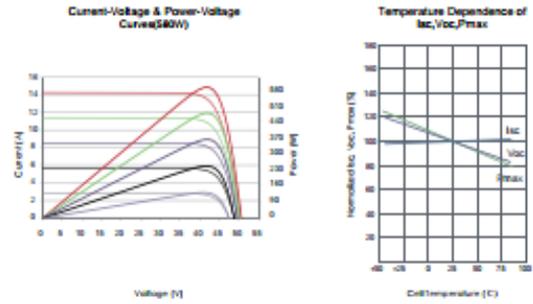
	STC <sup>(2)</sup> Irradiance 1000W/m <sup>2</sup>	Module Temperature 25°C	AMw1.5
5%	609Wp	614Wp	619Wp
15%	667Wp	672Wp	678Wp
25%	725Wp	731Wp	737Wp



<sup>(1)</sup> Measurement Tolerances: Pmax (± 3%), Isc & Voc (± 3%) - Module Type 0/+5W  
<sup>(2)</sup> STC (Standard Testing Condition): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, AM 1.5  
<sup>(3)</sup> NMOT (Nominal Operating Module Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, NMOT, Ambient Temperature 20°C, AM 1.5, Wind Speed 1m/s

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. Tenka Solar reserves the right of final interpretation.

## ELECTRICAL PERFORMANCE & TEMPERATURE DEPENDENCE



## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell Type	Orion N-Type Mono-crystalline(182x91mm)
No. of cells	144 (6x24)
Dimensions	2279x1134x30mm (±2mm)
Weight	32.0kg
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat-strengthened glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy (Silver/Black optional)
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> / UL 12AWG, Length:400mm/1100mm or Customized Length

# SG3400/3125/2500HV-MV-20

**SUNGROW**  
Clean power for all

MV Turnkey Station for 1500 Vdc System - MV Separate Transformer + RMU



## HIGH YIELD

- Advanced three-level technology, max. inverter efficiency 99 %



## EASY O&M

- Integrated current, voltage and MV parameters monitoring function for online analysis and fast trouble shooting
- Modular design, easy for maintenance
- Convenient external touch screen



## SAVED INVESTMENT

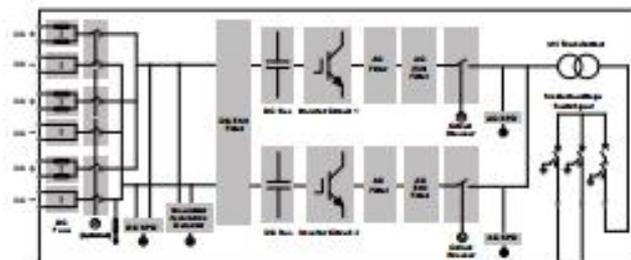
- Low transportation and installation cost due to 20-foot container design
- DC 1500 V system, low system cost
- Integrated MV transformer and switchgear
- Q at night function optional



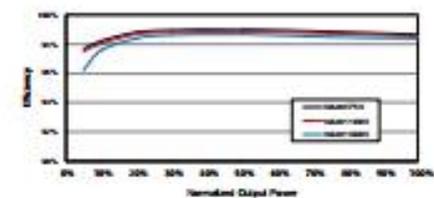
## GRID SUPPORT

- Compliance with standards: IEC 61727, IEC 62116
- Low/High voltage ride through (L/HVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

## CIRCUIT DIAGRAM



## EFFICIENCY CURVE (SG3400HV-20)



© 2019 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 1.00

Type designation	SG3400HV-MV-20	SG3125HV-MV-20	SG2500HV-MV-20
<b>Input (DC)</b>			
Max. PV input voltage	1500 V		
Min. PV input voltage / Startup input voltage	875 V / 915 V	875 V / 915 V	800 V / 840 V
MPP voltage range for nominal power	875 – 1300 V	875 – 1300 V	800 – 1300 V
No. of independent MPP inputs	1		
No. of DC inputs	21 (optional: 24 negative grounding or floating; 28 negative grounding)		18 – 24
Max. PV input current	4178 A	4178 A	3508 A
<b>Output (AC)</b>			
AC output power	3593 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C	3593 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C / 3125 kVA@ 50 °C	2750 kVA@ 45 °C / 2500 kVA@ 50 °C
Max. AC output current	3458 A	3458 A	2886 A
AC voltage range	10 – 35 kV		
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz		
THD	< 3 % (at nominal power)		
DC current injection	< 0.5 % In		
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging		
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3		
<b>Efficiency</b>			
Inverter Max. efficiency	99.0 %		
Inverter Euro. efficiency	98.7 %		
<b>Transformer</b>			
Transformer rated power	3437 kVA	3125 kVA	2500 kVA
Transformer max. power	3593 kVA	3593 kVA	2750 kVA
LV / MV voltage	0.6 kV / 10 – 35 kV	0.6 kV / 10 – 35 kV	0.55 kV / 10 – 35 kV
Transformer vector	Dy11		
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)		
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request		
<b>Protection and Function</b>			
DC input protection	Load break switch + fuse		
Inverter output protection	Circuit breaker		
AC MV output protection	Circuit breaker		
Overvoltage protection	DC Type I + II / A C Type II		
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes		
Insulation monitoring	Yes		
Overheat protection	Yes		
Q at night function	Optional		
<b>General Data</b>			
Dimensions (W*H*D)	6058 * 2896 * 2438 mm		
Weight	17T	17 T	18T
Degree of protection	IP54 (Inverter: IP55)	IP54 (Inverter: IP55)	IP54
Auxiliary power supply	415 V, 15 kVA (Optional: max. 40 kVA)	415 V, 15 kVA (Optional: max. 40 kVA)	415 V, 5 kVA (Optional: max. 40 kVA)
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 45 °C derating)	-35 to 60 °C (> 50 °C derating)	-35 to 60 °C (> 50 °C derating)
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 95 %		
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling		
Max. operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)		
Display	Touch screen		
Communication	Standard: RS485, Ethernet; Optional: optical fiber		
Compliance	CE, IEC 62109, IEC 62116, IEC 61727		
Grid support	Q at night function (optional), L / HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control		



Il trasformatore integrato, posto all'uscita dell'inverter oltre ad assicurare l'isolamento galvanico, utilizza un'uscita con tensione media per soddisfare gli impianti di alimentazione a lunga distanza per il collegamento alle cabine di raccolta di ogni singolo campo.

## Identificazione delle sorgenti e dei recettori

### Sorgenti.

Come indicato in precedenza trattasi di un impianto di produzione fotovoltaica le cui componenti elettromeccaniche principali sono dislocate in:

- numero 33 inverter (con adiacenti i convertitori statici di stringa), che contengono le apparecchiature di protezione MT e BT e i trasformatori elevatori;
- numero 4 cabine di raccolta: una per campo;
- numero 1 cabina di raccolta generale.

In relazione alle problematiche di emissione ed esposizione di campi elettromagnetici possiamo valutare che le aree significative al fine della presente valutazione, sono:

- le immediate vicinanze degli inverter cablati con i relativi quadri elettrici di protezione e i trasformatori elevatori BT/MT;
- la cabina generale e le cabine di campo dove sono presenti i quadri elettrici di protezione e il trasformatore ausiliari MT/BT;
- i cavidotti di connessione interrati interni ed esterni ai campi per la cessione dell'energia elettrica alla rete di distribuzione nazionale.

Nel dettaglio le caratteristiche delle sorgenti emissive sono:

- Cabina di campo
  - o Trasformatore elevatore BT/MT da 3125 kVA
  - o Tensione primaria 0,6 kV
  - o Tensione secondaria 30kV
  - o Frequenza 50Hz
- Cabina di raccolta
  - o Tensione primaria 30 kV
  - o Frequenza 50Hz
- Cavidotto in MT 30 kV di collegamento tra gli inverter e le cabine di raccolta di ogni singolo campo, con lunghezze e sezioni variabili, di tipologia tripolare con schermo a fili di rame e anime riunite a spirale visibile e conduttore in alluminio
- Elettrodotta a 30 kV esterno al campo, dalla cabina di raccolta generale del campo alla stazione utente.

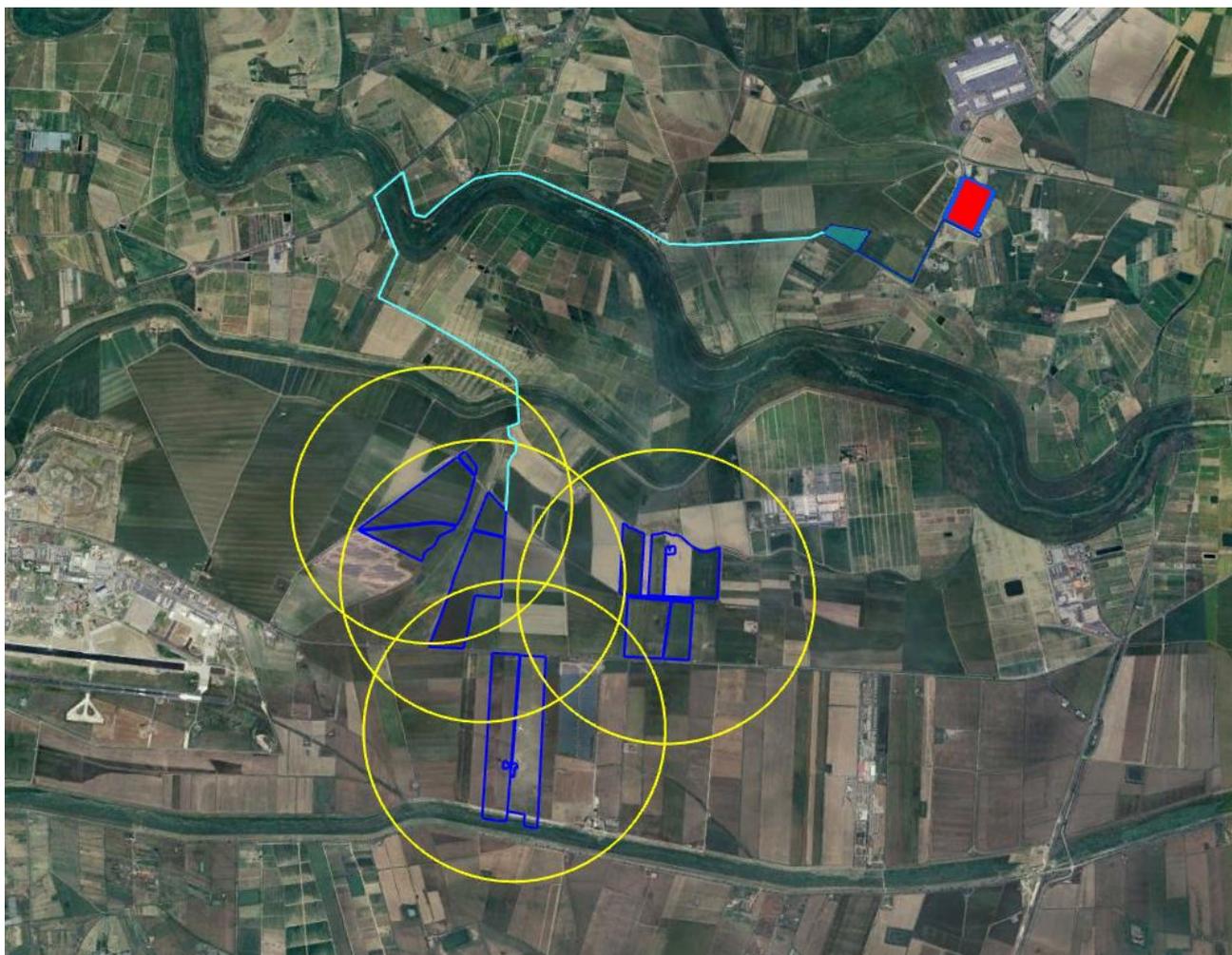
In funzione delle caratteristiche su esposte, è possibile sostenere che le sorgenti associabili alla centrale di produzione e trasformazione, produrranno campi elettromagnetici esclusivamente nel range delle basse frequenze e che le sorgenti significative da tenere in considerazione saranno proprio i trasformatori elevatori presenti all'interno delle cabine di campo, e gli elettrodotti interrati interni ed esterni al sito

### Recettori.

Il terreno su cui insisterà l'impianto è allo stato attuale è allo stato attuale non utilizzato.

L'area costituisce un naturale terrazzamento delimitato a Sud dalla Strada Provinciale 69II.

Caratterizza la zona un bacino del fiume Dittaino posto a Nord rispetto ai terreni di proprietà di Bona Energia srl.



Nella ortofoto è evidenziato il perimetro in giallo posto a 1 Km dal centro dell'area di impianto.

È evidente che le sorgenti individuate ai fini della valutazione di impatto elettromagnetico (cabine di campo e cabina di raccolta generale) siano ubicate in aree interne al sito o comunque lontane da aree con presenza continua di popolazione. Pertanto, emissioni elettromagnetiche esauriranno la loro interferenza con fasce di rispetto molto modeste nell'ordine di 2-3 metri.

## **Analisi campi elettromagnetici**

### **Normativa**

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 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce 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. Esso in particolare fissa, all'art. 4, gli obiettivi di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Il fine di tale metodologia è di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e alle richieste di redazione dei piani di gestione territoriale inoltrate dalle amministrazioni locali.
- 

### **Campo elettromagnetico impianto fotovoltaico.**

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

### **Campo elettromagnetico 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 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 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.

Pertanto si conclude affermando che per gli inverter utilizzati all'interno delle cabine di trasformazione si può ritenere ininfluenza o poco rilevante il contributo dal punto di vista elettromagnetico.

### **Campo elettromagnetico generato dalle cabine di trasformazione**

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, ove all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT (n°33 da 3125 kVA).

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 3125 kVA collocati all'interno delle rispettive cabine di trasformazione.

La presenza dei trasformatori BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali prossimi a quelli della cabina in esame.

In base al DM del 29.05.2008, (cap.5.2.1), l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla ipotesi che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina.

Le formule per determinare le DPA sono le seguenti:

$$A) \frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times X^{0,5242} \quad \text{Relazione valida per potenze nominali fino a 630 KVA}$$

$$B) DPA = 0,014 \times P^{0,75} \quad \text{Relazione valida per potenze nominali superiori a 630 KVA}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

P = Potenza di esercizio trasformatore in kVA

Poiché il trasformatore presenta una potenza pari a 3125 kVA, per il caso in specie, verrà applicata la relazione di cui al punto B), la quale indicherà una DPA di sicurezza pari a 4,95 m.

La distanza è da riferirsi ai muri della cabina, per cui si assumerà un valore di DPA pari a 5,00 ml dal perimetro.

### Calcolo e verifica dei campi emessi dalla linea interrata in esame.

I campi ELF oltre che misurati possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare serve conoscere le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra), le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente) e la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea. Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211- 4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996. Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrate, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$B = \frac{0,20 \times I}{r}$$

In prima approssimazione l'induzione magnetica generata da un conduttore singolo si può calcolare con la seguente formula (Biot e Savart), dove B rappresenta l'induzione magnetica misurata in micro Tesla ( $\mu\text{T}$ ), I la corrente in ampere (A) e r la distanza in metri (m).

Per una linea trifase costituita da tre conduttori piani, tipicamente presente in ambito industriale, l'andamento rispetta la seguente formula:

$$B = \frac{0,35 \times I \times D}{r^2}$$

dove D è la distanza tra i due conduttori in metri. Se i tre conduttori sono posati nella configurazione a trifoglio l'induzione magnetica si può calcolare con la seguente formula:

$$B = \frac{0,25 \times I \times D}{r^2}$$

### *Cavi in MT.*

È prevista la realizzazione di cavidotti interrati in MT sia all'interno del campo fotovoltaico che all'esterno dello stesso per connettersi alla cabina Primaria "Pantano d'Archi", le differenze tra le due tipologie di cavi saranno relative alle sezioni utilizzate.

Nello specifico si avranno i seguenti tipi di cavi, comunque interrati:

1. Cavo Tipo ARG7H1RX - 18/30 kV (*collegamento Inverter/Cabine di raccolta*)

In ogni caso, al fine di rispettare le prescrizioni Normative, si è tenuto conto del limite di qualità dei

campi magnetici, fissato dalla Legislazione al valore minimo cautelativo di 3  $\mu$ T.

La tipologia di cavidotti presenti sia 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.

La ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

Il cavo tripolare ha un ottimo comportamento dal punto di vista dei campi magnetici in quanto, essendo la somma delle tre correnti che circolano nei conduttori istante per istante nulla, almeno teoricamente non vi sono correnti parassite circolanti negli eventuali rivestimenti metallici esterni.

Verso le cabine utente convergono le terne di cavi MT da 30 kV interrate, il valore del campo elettrico e l'induzione magnetica e, quindi, i punti sensibili hanno distanza tale da non interferire con le attività umane considerando che il limite di massima sicurezza è già rispettato grazie alla distanza dalle aree accessibili da personale qualificato.

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 2,00 m, a cavallo dell'asse del cavidotto interno al campo, e 3,50 m per il tratto di cavo in MT esterno.

Va ricordato che la profondità di posa dei cavi è pari a 1,50 m dal piano di campagna, pertanto l'intensità maggiore del campo indotto risulta già essere schermata dal terreno stesso.

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.

Qui di seguito si esamineranno le condizioni di induzione elettromagnetica relativamente a tutti i cavi utilizzati e alle loro condizioni di esercizio (I di esercizio).

Utilizzando la seguente relazione, si potrà ricavare l'intensità di corrente di esercizio :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Dove :

P                    potenza trasferita

V                    tensione nominale

cos $\phi$               angolo di sfasamento assunto pari a 0,95

In relazione alla sezione di impianto analizzata, avremo le seguenti intensità di corrente:

<b>Tipo collegamento</b>	<b>Tipo di cavo</b>	<b>Pmax (KW)</b>	<b>V (KV)</b>	<b>cos φ</b>	<b>I (A)</b>
<i>Cabina di raccolta singoli campi /Cabina di raccolta generale</i>	<i>RG7HIRX - 18/30 kV</i>	3125,00	30,00	0,95	63,31
<i>Cabina di raccolta/Stallo stazione utente</i>	<i>RG7HIRX - 18/30 kV</i>	98888,40	30,00	0,95	2003,27
<b>Tipo collegamento</b>	<b>Sezione cavo</b>	<b>I (A)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>B (μT)</b>	<b>r (m)</b>
<i>Cabina di raccolta singoli campi /Cabina di raccolta generale</i>	<i>3x1x240</i>	63,31	0,40	3,00	1,72
<i>Cabina di raccolta generale/Stazione Utente</i>	<i>3x1x400</i>	2003,27	0,40	3,00	9,67

Essendo la linea trifase costituita da tre conduttori piani, verrà applicata per i 3 casi in esame la seguente relazione:

$$B = \frac{0,35 \times I \times D}{r^2}$$

Dove :

B Induzione magnetica in T

I Intensità di corrente

D distanza tra i conduttori

r distanza dal conduttore

Imponendo come limite massimo di Induzione il valore di 3 μT, così come imposto dalla Norma, troveremo le seguenti fasce di rispetto, da intendersi a destra e sinistra dell'asse del conduttore.

## Conclusioni.

I risultati ottenuti ci dimostrano che i cavidotti interrati, e le cabine di trasformazione rispettano i limiti Normativi di cui agli articoli 3 e 4 del DPCM 8 Luglio 2003 relativamente alle soglie imposte per l'Induzione elettromagnetica.

Si precisa altresì che la verifica eseguita, non tiene conto del fatto che i cavi sono interrati con profondità pari a 1,50 ml, conferendo alla determinazione della fascia di rispetto un valore molto cautelativo.

Comunque considerando che:

1. nelle cabine di trasformazione e in tutte le altre cabine di impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno;
2. l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che ne impedisce l'ingresso a personale non autorizzato;
3. il percorso dello stesso cavidotto non interessa aree con presenza umana continuativa

**Si può escludere pericolo per la salute umana e l'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**

In ogni caso nella realizzazione del parco fotovoltaico denominato "Bona Energia", ubicato in Catania , località c/da Sigona saranno rispettati i valori indicati nella Legge n. 36/2001 e dal DPCM 8 Luglio 2003.

IL PROGETTISTA

(DOTT. ING. GIUSEPPE DE LUCA)

