



***Città di Marsala***

Medaglia d'oro al Valore Civile

# COMUNE DI MARSALA

(Provincia di Trapani)

## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NELL'ISTITUTO COMPRENSIVO "ALCIDE DE GASPERI " SUCCURSALE TERRENOVE SITA NELLA C/DA TERRENOVE DEL COMUNE DI MARSALA

Livello Progettazione : PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE: Settore LL.PP. - Comune di Marsala  
Responsabile Unico del Procedimento  
Dir. Settore LL.PP.  
ing. Luigi Palmeri

PROGETTISTA: Resp-Area edilizia privata  
Ing. G. Giacalone

N° Tav.

**R2**

ELABORATO : RELAZIONE TECNICA DETTAGLIATA  
PARTICOLARI COSTRUTTIVI

SCALA :

DATA : 02/12/2013

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



## ***Città di Marsala***

Medaglia d'oro al Valore Civile

**Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico integrato da realizzarsi nell'Istituto Comprensivo "Alcide De Gasperi" succursale Terrenove sita nella C/da Terrenove del Comune di Marsala.**

**Committente: Comune di Marsala**

**Oggetto: Relazione tecnica dettagliata  
Particolari costruttivi**

**Progettista: Ing. G. Giacalone**

## **Sommario**

<b>1 - PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - DEFINIZIONI E TERMINOLOGIA.....</b>	<b>1</b>
<b>3 - SCHEMATIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>3</b>
<b>4 - DESCRIZIONE DEI COMPONENTI ELETTRICI.....</b>	<b>4</b>
4.1 CAMPO FOTOVOLTAICO .....	4
4.2 MODULO FOTOVOLTAICO .....	5
4.3 QUADRI DI SUB-CAMPO .....	7
4.4 INVERTER.....	8
4.5 QUADRO DI CAMPO .....	11
4.6 QUADRO GENERALE .....	11
<b>5 - ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI.....</b>	<b>14</b>
<b>6 - OPERE ED INFRASTRUTTURE CIVILI.....</b>	<b>15</b>
6.1 CARATTERISTICHE DEL PIANO DI POSA DEI PANNELLI FV .....	15
6.2 STRUTTURE DI SUPPORTO PER LA COLLOCAZIONE DEI PANNELLI .....	15
6.3 DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI SUPPORTO.....	16
<b>7 - OPERE IMPIANTISTICHE .....</b>	<b>16</b>
7.1 IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE CONTRO I FULMINI.....	16
<b>8 - SISTEMA DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>16</b>
<b>ALLEGATO .....</b>	<b>18</b>

## 1 - Premessa

La progettazione ha come oggetto l'installazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 43,20 kW collegato alla rete elettrica di distribuzione da installare presso l'Istituto Comprensivo "A. De Gasperi", succursale di Terrenove, sita nella contrada Terrenove del Comunale di Marsala.

La presente relazione ha lo scopo di fornire i chiarimenti relativamente alle caratteristiche tecniche dell'impianto fotovoltaico da realizzare.

In particolare la relazione mira a descrivere i criteri utilizzati per le scelte progettuali, le caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti, nonché i criteri di progettazione degli impianti per quanto riguarda la sicurezza, la funzionalità e l'economia di gestione.

Il progetto si pone nella logica della produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili e della riduzione dei gas climalteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia (es. Protocollo di Kyoto).

Oltre a quanto contenuto nella presente relazione, si rimanda alle Tavole grafiche di progetto allegate.

## 2 - Definizioni e terminologia

***Impianto fotovoltaico:*** è un sistema di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della luce, cioè della radiazione solare, in energia elettrica (effetto fotovoltaico); pertanto, esso rientra nella categoria degli impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (cioè la cui produzione di energia elettrica risulta aleatoria in funzione del regime meteorologico istantaneo. L'impianto è schematicamente costituito dal campo fotovoltaico, dal gruppo di conversione c.c./c.a. e dal sistema di interfacciamento alla rete elettrica di distribuzione;

***Cella fotovoltaica:*** dispositivo semiconduttore che genera energia elettrica quando è esposto alla luce solare;

***Modulo fotovoltaico:*** insieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate per

raggiungere la tensione, la corrente e la potenza desiderata; queste sono assemblate in un idoneo supporto atto a proteggerle dagli agenti atmosferici, anteriormente tramite vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice di alluminio anodizzato;

**Stringa fotovoltaica:** insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie per raggiungere la tensione e la potenza desiderata. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto ai morsetti della stringa;

Generatore FV: insieme di stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo per raggiungere la potenza desiderata;

**Inverter:** convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un ponte semiconduttore e opportune apparecchiature di controllo che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico;

**Interfaccia rete:** dispositivo che provvede all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore e, quindi, alla rete elettrica locale;

**Gestore della rete:** è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell'energia elettrica ai clienti utilizzatori;

**Potenza massima o di picco  $W_p$ :** potenza generata da un dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa o generatore) in condizioni di prova definite "standard" (abbr. STC) che risultano le seguenti: Air Mass = 1.5, irraggiamento solare sul piano dei moduli pari a 1 kW/m<sup>2</sup>, temperatura di lavoro della cella fotovoltaica pari a 25°C;

**Tensione a vuoto  $V_{oc}$ :** tensione generata d ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare;

**Tensione alla massima potenza  $V_{mpp}$ :** tensione massima generata ad una particolare temperatura e radiazione solare;

**Corrente di corto circuito  $I_{sc}$ :** corrente erogata in condizioni di corto circuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare;

**Corrente alla massima potenza  $I_{mpp}$ :** corrente massima generata ad una particolare temperatura e radiazione solare;

**Angolo di azimut:** angolo formato dalla normale alla superficie e dal piano meridiano del luogo, positivo da Sud verso Ovest

**Angolo di tilt:** angolo che la superficie forma con l'orizzonte, positivo dal piano orizzontale verso l'alto.

### **3 - Schematizzazione dell'impianto fotovoltaico**

L'impianto fotovoltaico di progetto è realizzato su di una frangisole costituita da una struttura autoportante in acciaio.

In particolare, l'impianto FV è costituito da:

- Campo 1 costituito da più subcampi ciascuno dei quali suddivisi in stringhe composte da circa n° 10 pannelli fotovoltaici.

Ciascun pannello presente nelle stringhe è collegato in serie, mentre le tre stringhe sono collegate ad uno dei tre ingressi dell'inverter previo passaggio attraverso il quadro di sub-campo. Ciascuna stringa rappresenta l'unità minima in cui risulta suddiviso l'impianto FV di progetto.

Il valore di targa del campo fotovoltaico dell'impianto è pari a 43,20 kWp ed è ottenuto con l'organizzazione di 180 moduli fotovoltaici policristallini da 240 Wp cad.

Per ridurre al massimo l'ombreggiamento dovuto alla conformazione dell'orizzonte orografico e agli edifici circostanti la pensilina frangisole fotovoltaica si è pensato di posizionare i moduli fotovoltaici così come indicato negli elaborati grafici di progetto.

Per la posa dei moduli fotovoltaici si dovrà provvedere all'installazione di una struttura di supporto. La struttura ha sia la funzione di sostegno dei moduli sia la funzione di ottenere l'inclinazione ottimale dei moduli (30° rispetto all'orizzontale).

La frangisole fotovoltaica dovrà essere composta da struttura portante in acciaio sulla quale si fisseranno i moduli fotovoltaici tramite "zeta" e "omega" anch'esse in acciaio.

Prima dell'installazione dell'impianto si dovrà procedere ad una verifica statica della struttura di supporto dei moduli del campo fotovoltaico.

Il sistema fotovoltaico di progetto è di tipo fisso. Tale sistema è costituito da una serie di pannelli montati su di un telaio inclinato di circa 30° sul piano orizzontale fissato alla pensilina frangisole fotovoltaica.

## **4 - Descrizione dei componenti elettrici**

### **4.1 Campo Fotovoltaico**

L'impianto fotovoltaico è costituito da 1 campo costituito da tre sub-campi da 30 moduli cadauno, per un totale di 180 moduli fotovoltaici policristallini da 240 Wp cad aventi una potenza complessiva di 43,20 Wp, nelle condizioni d'irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup> e alla temperatura ambiente di 25°C, condizioni contemplate nelle STC (Standard Test Conditions).

I risultati dei calcoli riportati nella presente relazione di progetto si basano quindi sulle impostazioni dei dati alle suddette STC.

I sub-campi sono organizzati come meglio si evince nello schema elettrico unifilare.

Ciascuno sub-campi sono gestiti come sistemi IT, cioè con nessun polo attivo connesso a terra.

La tensione ai capi di ogni stringa è funzione delle caratteristiche elettriche dei moduli fotovoltaici utilizzati e dal numero dei moduli collegati in serie. Un altro parametro molto importante è la temperatura dei moduli che influenza la tensione a circuito aperto, e di conseguenza la tensione alla massima potenza, della stringa. L'irraggiamento solare invece influisce sul valore della corrente erogabile dai moduli e quindi la potenza elettrica prodotta istantaneamente dall'impianto.

I valori di tensione a vuoto (Voc) di una stringa composta da 10 moduli, RICH Solar Mod. RS-P200 da 200 Wp cad. o equivalenti, in serie ad una temperatura di - 10 °C è pari a 625 V. La tensione alla massima potenza (Vmmp) della stringa ad una temperatura di 25 °C sarà di 403V. Il valore di corrente massimo di stringa sarà invece quello massimo previsto per ogni singolo modulo fotovoltaico: 7 A.

Per il collegamento in serie dei moduli fotovoltaici, considerando il luogo di posa esterno, si opta per un cavo a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV.

Si è scelto per la realizzazione dei collegamenti tra i moduli, un cavo unipolare di sezione pari a 6 mm<sup>2</sup>.

I moduli adottati nell'impianto in oggetto sono dotati di cavi Multi-Contact (definiti MC-plug), l'utilizzo di queste connessioni favorisce, in fase realizzativa, i collegamenti in serie in modo efficace e rapido, oltre ad avere un ottima tenuta meccanica della connessione.

Si riportano qui di seguito le caratteristiche tecniche del modulo fotovoltaico

## **4.2 Modulo Fotovoltaico**

Sharp Mod. ND-R240 A5 da 240 Watt cad. o similare

Caratteristiche:

Modulo fotovoltaico costituito da celle in silicio policristallino delle dimensioni di 156 mm x 156 mm disposti su 10 file per 6 colonne

Diodi di bypass inseriti

Potenza massima 240 Watt

Configurazione 24 V

Tensione a circuito aperto 37V

Massima tensione operativa 27,20 V

Corrente di corto circuito 6,96 A

Temperatura operativa -40 °C : +85 °C

Tensione massima del sistema 1000V DC

Dimensione modulo : h x l x spessore 1.652x994x46 mm

Superficie totale netta modulo 1,636 m<sup>2</sup>

Peso 19 kg

Cablaggio: lunghezza cavo 1,00 m

Certificazioni :

Qualità della produzione : ISO 9001:2000 – ISO 14001:2004

Sicurezza dei prodotti : UL - TUV:700V – TUV:1000 – ASU – PTL qualifica IEC 61215

ICIM EN 61730

Qualità dei prodotti : IEC ICIM: IEC61215 – ED/2007/B0067C-3



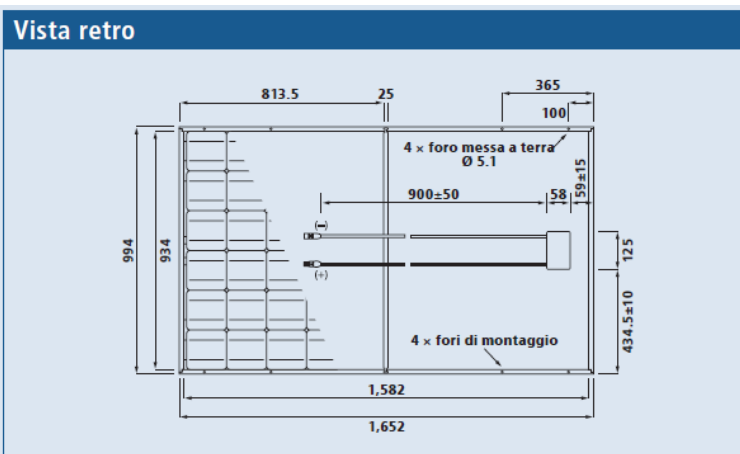
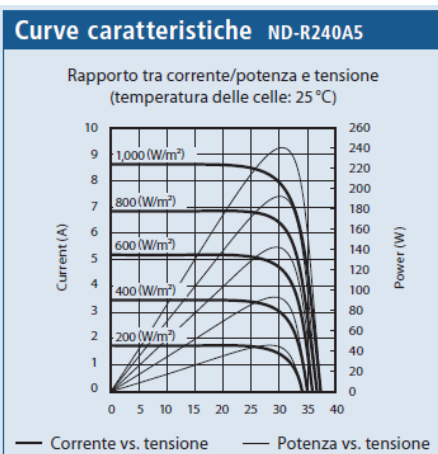
Dati elettrici (STC)		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Potenza di picco	$P_{max}$	250	245	240	235	230	225	220	$W_p$
Tensione a circuito aperto	$V_{oc}$	37.6	37.3	37.2	36.8	36.4	36.0	35.6	V
Corrente di corto circuito	$I_{sc}$	8.68	8.62	8.57	8.49	8.41	8.33	8.25	A
Tensione alla massima potenza	$V_{mpp}$	30.9	30.7	30.4	30.3	30.3	30.2	30.0	V
Corrente alla massima potenza	$I_{mpp}$	8.10	7.99	7.90	7.76	7.61	7.46	7.35	A
Efficienza del modulo	$\eta$	15.2	14.9	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	%

STC = Standard Test Conditions: irradiazione 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, temperatura delle celle 25 °C.  
Le caratteristiche elettriche considerate sono entro  $\pm 10\%$  dei valori indicati di  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  e da 0 a +5% of  $P_{max}$  (power measurement tolerance  $\pm 3\%$ ).

Dati elettrici (at NOCT)		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Potenza di Picco	$P_{max}$	180.2	176.6	173.0	169.3	165.7	162.1	158.5	$W_p$
Tensione a circuito chiuso	$V_{oc}$	36.7	36.4	36.4	36.0	35.6	35.2	34.8	V
Corrente di corto circuito	$I_{sc}$	7.0	6.96	6.92	6.85	6.79	6.72	6.66	A
Tensione alla massima potenza	$V_{mpp}$	27.7	27.5	27.2	27.1	27.1	27.0	26.8	V
Nominal Operating Cell Temperature	NOCT	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	°C

NOCT: Module operating temperature at 800 W/m<sup>2</sup> irradiance, air temperature of 20 °C, wind speed of 1 m/s.

Valori limite		Dati meccanici		Coefficiente di temperatura	
Tensione massima di sistema	1,000 V DC	Altezza	1,652 mm (+/-3.0 mm)	$P_{max}$	-0.440 % / °C
Massima corrente inversa	15 A	Larghezza	994 mm (+/-2.0 mm)	$V_{oc}$	-0.329 % / °C
Temperature range	-40 to +90 °C	Spessore	46 mm (+/-0.8 mm)	$I_{sc}$	+0.038 % / °C
Massima resistenza al carico	2,400 N/m <sup>2</sup>	Peso	19 kg		



General data	
Celle	In silicio policristallino, 156.5 mm x 156.5 mm, 60 celle in serie
Vetro frontale	vetro temperato, 3 mm
Cornice	Lega di alluminio anodizzato
Scatola di connessione	PPE/PPO resina, IP65 rating, 58 x 125 x 15 mm, 3 diodi bypass
Cavi	4 mm <sup>2</sup> , lunghezza 900 mm
Connettori	SMK (MC4 compatibili), Tipo CCT9901-2361F/2451F (Catalogo no. P51-7H/R51-7), IP67 rating
To extend the module connection leads, only use SMK connector from the same series or MultiContactAG MC4 connector (PV-KST04/PV-KBT04)	

Il collegamento dal quadro di campo ai relativi sistemi di conversione (Inverter), è costituita da tre cavi (uno per sub-campo) di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV 3G6, un conduttore per

la connessione a terra, 1 polo positivo e 1 polo negativo.

In riferimento alla norma CEI 64-8, il conduttore di terra può assumere la stessa sezione del conduttore di potenza se quest'ultimo non supera i  $16 \text{ mm}^2$  ed è costituito dallo stesso materiale conduttore; nell'impianto in oggetto la sezione del cavo di terra sarà di  $6 \text{ mm}^2$  pari alla sezione dei cavi di collegamento dei quadri di campo ai tre sistemi di conversione. Il quadro di campo è, dal punto di vista della messa a terra, collegato mediante i tre cavi di terra agli inverter, i quali a loro volta sono collegati alle relative masse degli inverter, costituendo un unico circuito di terra.

La collocazione del quadro di manovra e protezione (Quadro di campo), degli inverter e del quadro generale sarà interno allo stabile nel locale "contatori". I tre inverter ed il quadro di campo, per ciascuno dei tre campi in cui risulta suddiviso l'impianto FV, saranno in posa in prossimità delle pensiline.

#### **4.3 Quadri di sub-campo**

Le tre stringhe di ogni sub-campo saranno collegate all'inverter previo passaggio attraverso il quadro di sub-campo. I quadri di sub-campo vengono realizzati mediante scatole in lega d'alluminio o altro materiale idoneo, (una per ciascun sub-campo), con grado di protezione IP 66, idonee alla posa esterna.

Per il collegamento dei terminali delle stringhe ai quadri di sub-campo, si utilizzeranno cavi di tipo unipolare a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV di sezione pari a  $6 \text{ mm}^2$ .

I quadri di sub-campo saranno posti in prossimità del campo fotovoltaico fissati alla struttura di supporto dei moduli; ogni scatola, per le operazioni di manovra e protezione, conterrà i seguenti componenti:

- Portafusibili sezionabili tipo ABB E931/32, (i fusibili adottati hanno corrente d'intervento pari a 10 A, valore scelto sulla base del tipo di modulo fotovoltaico impiegato nell'impianto), allo scopo di connettere e disconnettere la relativa stringa dall'impianto, per eventuali opere di manutenzione e/o controllo, o equivalenti.
- Morsetti linea montante (Ingresso/Uscita);
- 3 Diodi di blocco (in configurazione a Ponte di Graetz), 1000 V 25 A;
- n°6 porta fusibili + fusibili 10A 1000V, (due per ogni stringa);

- n°3 sezionatori Corrente Continua 10A, (uno per ogni stringa);
- n°3 scaricatore con 2 poli, Tensione massima: 600 V / 1000 V, (uno per ogni stringa);

All'uscita dal quadro di sub-campo, ciascun conduttore, L+ ed L- protetto da un elemento per la sovratensione, sarà collegato ad uno dei tre ingressi dell'inverter mediante cavo di discesa a doppio isolamento di tipo FG7 (O)R 0,6/1 kV 3G6 (avente tre conduttori, uno per la polarità positiva del parallelo, uno per la polarità negativa e un cavo in guaina isolante di colore identificativo Giallo-Verde per la connessione delle masse a terra, in tutto saranno tre cavi del tipo menzionato).

I cavi di discesa saranno in posa contenuta in tubo di metallo/pvc e si è stimato che il percorso di tali cavi fino alla zona inverter sarà pari a circa 30 – 50 metri.

#### **4.4 Inverter**

Marca Power One Aurora o similare

- Modello TRIO 27.6 TL o similare
- L'inverter trifase di progetto ha una potenza nominale di uscita da 27600 W, con grado di protezione IP 65 e un peso di soli 75 kg. Facile da mantenere, è stato progettato per le applicazioni commerciali e caratterizzati da una grande flessibilità operativa.
- L'inverter di progetto offre la massima versatilità permettendo quindi di ottenere il massimo del profitto.
- Considerazioni tecniche:
  - L'intervallo di funzionamento esteso dell'inverter monofase si adatta ottimamente al modulo FV di progetto e permette di collegare varie configurazioni di stringhe. Tensione massima 1000 V, range MPPT 500-800 V. Possono gestire anche moduli a film sottile, pur essendo privi di trasformatore.
  - Tale inverter è autoconfigurabile, in modo da adeguarsi alle differenti normative locali. Unendo la massima efficienza e le funzioni intelligenti, l'inverter di progetto offre una resa energetica ottimale.
  - L'efficienza del tracker MPP estremamente alta, per un massimo di cinque tracker

MPP singoli, garantisce una eccellente resa. Il medesimo inverter può funzionare con gli in-gressi in configurazione indipendente oppure in parallelo (master/slave), a seconda della configurazione dei collegamenti. Se tutti i pannelli sono identici la configurazione master/slave è quella ideale. Se i pannelli sono di vario tipo, oppure se sono orientati in modo diverso, o hanno modalità di funzionamento differenti, allora la configurazione indipendente è quella ideale in quanto a ciascun ingresso viene assegnato un tracker MPP indipendente.

- L'inverter effettua automaticamente un controllo delle connessioni e attiva la configurazione appropriata.
- Elevata produzione di energia anche con irraggiamento solare limitato grazie alle nuove metodologie di tracking .
- Grazie all'ingresso a più stringhe le perdite di mismatch dei moduli e le perdite dovute a ombreggiamento parziale sono molto ridotte.
- La funzione "Ride Through", garantisce che l'inverter resti collegato alla rete e continui a generare energia anche in caso di disturbi di rete molto intensi.
- La scheda di comunicazione integrata semplifica l'installazione dei sistemi di monitoraggio senza necessità di collegare apparati esterni.
- Allo scopo di inviare informazioni direttamente a dispositivi ricevitori esterni, l'inverter di progetto presenta dei modem integrati direttamente sulla scheda di comunicazione, in modo di agevolare il monitoraggio remoto.
- In caso di errore permanente, l'inverter di progetto offre la possibilità di collegare un allarme esterno che indica la presenza di eventuali problemi nel sistema tramite un segnale acustico o una luce lampeggiante.
- Presenta un interruttore CC integrato per proteggere l'installatore e il personale addetto alla manutenzione ed un interblocco integrato dei cavi che assicura l'impossibilità di disconnettere i cavi sotto carico.
- Configurazione individuale/parallela e fino a 3 inseguitori MPP

PARAMETRI		TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Ingresso			
Tensione di Attivazione di Ingresso ( $V_{start}$ )		360 V (adj. 250...500 V)	360 V (adj. 250...500 V)
Intervallo Operativo di Ingresso ( $V_{dmin}...V_{dmax}$ )		0.7 x $V_{start}...950$ V	0.7 x $V_{start}...950$ V
Intervallo di Tensione in MPPT ( $V_{MPPT\ min,i}...V_{MPPT\ max,i}$ ) a Piena Potenza		410...800 V	500...800 V
Potenza Massima di Ingresso per Ogni MPPT		12000 W	16000 W
Intervallo di Tensione di Ingresso per Operazioni a Piena Potenza con Configurazione degli MPPT in Parallelo		410...800 V	500...800 V
Intervallo di Tensione di Ingresso per Operazioni a Piena Potenza con Configurazione degli MPPT Indipendenti		480...800 V (@12000 W) / 340...800 (@8500 W)	500...800 V (@16000 W) / 385...800 (@12200 W)
Massima Tensione Assoluta di Ingresso ( $V_{max,abs}$ )		1000 V	1000 V
Numero di MPPT Indipendenti		2	2
Massima Corrente di Ingresso ( $I_{dmax}$ ) per Ogni MPPT		25.0 A	32.0 A
Numero di Coppie di Collegamenti DC in Ingresso		4 per ogni MPPT	5 per ogni MPPT
Tipo di connessioni DC		Connettori tool free o MC4	Connettori tool free o MC4
Protezioni di Ingresso			
Protezione da Inversione di Polarità		SI	SI
Corrente di Cortocircuito di Ingresso		30.0 A	40.0 A
Protezione da Sovratensione di Ingresso - Varistori		2 per ogni MPPT	2 per ogni MPPT
Protezione da Sovratensione di Ingresso - Scaricatore per Barra DIN (Versione -S2X)		1 (Classe II) per ogni MPPT	1 (Classe II) per ogni MPPT
Controllo di Isolamento		In accordo alla normativa locale	In accordo alla normativa locale
Sezionatore DC (Versione -S2)		40 A / 1000 V	40 A / 1000 V
Dimensioni Fusibile (Versione -S2X)		10 A / 1000 V	10 A / 1000 V
Uscita			
Connessione AC alla Rete		Trifase	Trifase
Potenza di Uscita Nominale ( $P_{ac}$ )		20000 W	27600 W
Tensione di Uscita Nominale ( $V_{ac,n}$ )		400 Vac / N / PE	400 Vac / N / PE
Intervallo di Tensione di Uscita ( $V_{acmin}...V_{acmax}$ )		320...480 Vac <sup>1</sup>	320...480 Vac <sup>1</sup>
Massima Corrente di Uscita ( $I_{ac,max}$ )		33.0 A	45.0 A
Frequenza Nominale di Uscita ( $f_n$ )		50 Hz	50 Hz
Intervallo di Frequenza di Uscita ( $f_{min}...f_{max}$ )		47...53 Hz <sup>2</sup>	47...53 Hz <sup>2</sup>
Fattore di Potenza Nominale ( $\cos\phi_{ac}$ )		> 0.995 (adj. $\pm$ 0.9)	> 0.995 (adj. $\pm$ 0.9)
Distorsione Armonica Totale di Corrente		< 3%	< 3%
Tipo di connessioni AC		Connettore cage clamp	Connettore cage clamp
Protezioni di Uscita			
Protezione Anti-Islanding		In accordo alla normativa locale	In accordo alla normativa locale
Massima Protezione da Sovracorrente AC		34.0 A	46.0 A
Protezione da Sovratensione di Uscita - Varistori		4	4
Protezione da Sovratensione di Uscita - Scaricatore per Barra DIN (Versione -S2X)		2 (Classe II)	2 (Classe II)
Prestazioni Operative			
Efficienza Massima ( $\eta_{max}$ )		98.3%	98.3%
Efficienza Pesata (EURO/CEC)		98.0% / 98.1%	98.0% / 98.1%
Soglia di Alimentazione della Potenza		40 W	40 W
Consumo in Stand-by		< 8W	< 8W
Comunicazione			
Monitoraggio Locale Cablato	1 x RS485 (inc.)	PVI-USB-RS485_232 (opz.), PVI-DESKTOP (opz.)	PVI-USB-RS485_232 (opz.), PVI-DESKTOP (opz.)
Monitoraggio Remoto		PVI-AEC-EVO (opz.), AURORA-UNIVERSAL (opz.)	PVI-AEC-EVO (opz.), AURORA-UNIVERSAL (opz.)
Monitoraggio Locale Wireless		PVI-DESKTOP (opz.) e PVI-RADIOMODULE (opz.)	PVI-DESKTOP (opz.) e PVI-RADIOMODULE (opz.)
Interfaccia Utente		Display Grafico	
Ambientali			
Temperatura Ambientale		-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 45°C/113°F	-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 45°C/113°F
Umidità Relativa		0...100% con condensa	0...100% con condensa
Emissioni Acustiche		< 50 db(A) @ 1 m	< 50 db(A) @ 1 m
Massima Altitudine Operativa senza Derating		2000 m / 6560 ft	2000 m / 6560 ft
Fisici			
Grado di Protezione Ambientale		IP 65	IP 65
Sistema di Raffreddamento		Naturale	Naturale
Dimensioni (H x L x P)		1060mm x 751mm x 291mm / 41.7" x 29.6" x 11.4"	1060mm x 751mm x 291mm / 41.7" x 29.6" x 11.4"
Peso		< 70.0 kg / 154.3 lb	< 75.0 kg / 165.4 lb
Sistema di Montaggio		Staffe da parete	Staffe da parete
Sicurezza			
Livello di Isolamento		Senza Trasformatore	Senza Trasformatore
Certificazioni		CE	CE
Norme EMC e di Sicurezza		EN 50178, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12	
Norme di Connessione alla Rete		Linea Guida Enel, VDE 0126-1-1, G83/1-1, EN 50438, RD1663, AS 4777	
Modelli Disponibili			
Standard		TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Con Sezionatore DC		TRIO-20.0-TL-OUTD-S2	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2
Con Sezionatore DC and Fuse		TRIO-20.0-TL-OUTD-S2X	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X

## **4.5 Quadro di Campo**

I cavi di discesa, alimentati in corrente alternata provenienti dai tre inverter, convergono nel quadro di campo, realizzato in metallo o materiale equivalente, con grado di protezione IP 65, conforme alla normativa di riferimento CEI 17/13.1, CEI EN 60439-1, CEI EN 50298, CEI 23-48, CEI 23-49, installato come da indicazioni di progetto, dotato di porte anteriori trasparenti/opache e serratura a chiave, lato AC, 100 kW 3f+N, per 3 inverter monofase, con protezione contro i contatti indiretti, resistenza agli urti IK 10 e temperatura di installazione Max +60°C, Min -25°C.

Il quadro di campo conterrà, per le operazioni di manovra e protezione, i seguenti componenti:

- n°3 interruttori automatici 25 A, 6kA, curva C;
- n°1 scaricatore di sovratensione trifase Classe II tipo Dhen Guard TT 230-400 FM, compreso di fusibili;
- n°1 magnetotermico quadripolare da 32A, 25kA, curva C;
- n° 1 scheda di interfaccia RS485/232 per comunicazione tra gli inverter, comunicazione inverter/sistema di acquisizione dati, comunicazione sistema acquisizione dati/ PC o sinottico.

L'ingresso/uscita saranno realizzati con raccordi tubo scatola diametro 20/32 mm. Il quadro comprenderà tutte le apparecchiature di protezione, di comando, controllo e regolazione necessarie indicate negli schemi di progetto. Compito degli scaricatori di sovratensione, adottati sul lato corrente continua, è quello di agire prontamente al propagarsi nei cavi di eventuali forze elettromotrici indotte con caratteristica (8/20), (cioè sono efficaci per fronti ripidi di tensione avente tempo di salita del fronte d'onda pari a 8 microsecondi, e tempo di discesa del fronte d'onda pari a 20 microsecondi), e corrente di cresta di 15 kA, scaricando il picco di sovratensione verso terra.

## **4.6 Quadro Generale**

Nel caso in esame, per la realizzazione del suddetto quadro generale si opta per un quadro di metallo o equivalente (di dimensioni 600x800x300 mm), con grado di protezione IP 65,

normativa di riferimento: CEI EN 60439-1, CEI EN 50298, CEI 23-48, CEI 23-49. Protezione contro i contatti indiretti: involucro predisposto con morsetto di terra.

Resistenza agli urti: IK 10. Temperatura di installazione: Max +60°C, Min -25°C.

Il quadro generale d'impianto conterrà, per le operazioni di gestione inverter, misura e protezione, i seguenti componenti:

- n°1 magnetotermico differenziale quadripolare da 63A, 25kA, curva C (uno per ciascun campo in cui è suddiviso il nostro impianto fotovoltaico);
- n°1 magnetotermico differenziale quadripolare da 160A, 25kA, curva C (generale del nostro impianto fotovoltaico) tipo T7134BA o similare;
- n° 1 sistema di acquisizione dati, per il monitoraggio dell'impianto da PC o da quadro sinottico attraverso interfaccia RS485/232 o tramite porta ethernet, con possibilità di utilizzo di modem GSM/ISDN, completo di 8 ingressi analogici ed 8 digitali per sensori temperatura, irraggiamento, vento. Display LCD, con tastiera; adatto a gestire fino a 50 inverters.
- n° 1 Relè di protezione per impianti fotovoltaici con allacciamento in BT, certificato DK5940 2.2 e CEI 1120. Il relè consente il monitoraggio di massima e minima tensione e frequenza, sequenza fasi e mancanza fase in conformità a quanto disposto dalla Direttiva ENEL DK5940 ed. 2.2. e secondo la DV 604. Il relè segnala la presenza di tutte e tre le fasi nella corretta sequenza, segnala se tutte e tre le tensioni fase fase o fase neutro sono all'interno dei limiti impostati, verifica che la frequenza della tensione di alimentazione sia entro i limiti stabiliti. Il relè presenta le seguenti caratteristiche:
  - Tempo di rientro impostabile (da 0,1 a 30 s). Due uscite relè SPDT 8A N.E. Per montaggio su guida DIN in conformità a DIN/EN 50022.
  - Scatola Euronorm 45 mm. Indicazione a LED per relè attivo, stato di allarme e presenza di alimentazione.
  - Per impianti trifase.

### **Collegamento alla rete elettrica**

L'uscita del sistema d'interfaccia è collegata alla rete di distribuzione mediante un cavo di

tipo FG7(O) R 0,6/1 kV 5G6.

Il cavo prescelto, avendo stimato una distanza di circa 60 metri, in condizioni di massima erogazione di corrente di fase verso la rete 21A massimi, comporta una caduta di tensione percentuale massima al di sotto del 2% ed è quindi in accordo con il vincolo del 4% previsto dalla norma 64-8.

In particolare, il dimensionamento del suddetto cavo è stato effettuato tenendo conto delle seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

In cui:

$I_b$	è la corrente di impiego del circuito;
$I_z$	è la portata in regime permanente della conduttura;
$I_n$	è la corrente nominale del dispositivo di protezione;
$I_f$	è la corrente di intervento del dispositivo di protezione.

Le portate in regime permanente  $I_z$  dei conduttori sono state desunte dalla norma IEC 364-5-523; le portate indicate sono quelle teoriche a 30°C, per la posa in canale o tubo a vista, ed a 20°C per la posa in cavidotto interrato, moltiplicate per un opportuno valore di correzione che tiene conto di una temperatura ambiente di 35°C (25°C per le condutture in cavidotto interrato) e della presenza di altri circuiti termicamente significativi contenuti nella stessa canalizzazione.

Si è scelto un interruttore automatico magnetotermico differenziale avente valore di corrente nominale  $I_n = 160$  A.

Tale da soddisfare la relazione sopra riportata.

La curva caratteristica dell'interruttore adottato è la curva C, che delinea un intervento dell'interruttore con caratteristica magnetica compresa tra 5 volte il valore nominale  $I_n$  e 10 volte il valore  $I_n$ .

Di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'interruttore quadripolare magnetotermico adottato:

- Corrente nominale: 160 A
- Curva caratteristica: C



- Potere d'interruzione: 25 kA
- Corrente differenziale: 0,03 A

Per la connessione a terra delle masse si utilizzerà un cavo di tipo N07V - K con isolante in materiale PVC (colore di riconoscimento della guaina: Giallo Verde), la sezione del cavo di terra sarà di 25 mm<sup>2</sup>, data la presenza di sistema di protezione ai fronti di sovratensione indotta causati da fenomeni atmosferici indiretti.

Si riportano le principali caratteristiche di tale cavo:

Sezione: 25 mm<sup>2</sup>

Diametro conduttore: 6,5 mm

Spessore isolante: 1,2 mm

Diametro esterno max.: 11 mm

Peso: 260 kg/km

Rmax (20°C): 0,78 Ohm/km

Portata (30°C), in canale aperto: 101 A

Portata (30°C), in tubo in aria libera: 89 A

Raggio minimo di curvatura: 45 mm

Cavo N07 – K 1x25 mm<sup>2</sup>

## **5 - Elenco dei materiali impiegati**

- n. 180 pannelli fotovoltaici policristallini (potenza nominale totale 43,20 kWp)
- n. 180 strutture metalliche di supporto per i pannelli FV, completa di ancoraggi,;
- n. 3 Quadri di Parallelo Stringhe;
- n. 2 Inverter trifase cc/ca;
- n. 1 Quadro di Campo;
- n. 1 Quadro generale caratterizzato da n. 3 Interruttori magnetotermici differenziali quadripolari (uno per ciascun Q.C.), n. 1 Interruttore generale quadripolare, n. 1 Misuratore di energia immessa nella rete ed un sistema di protezione

per impianti fotovoltaici con allacciamento in BT, certificato DK5940 ed un sistema di acquisizione dati, per il monitoraggio dell'impianto da PC;

- n.1 Punto di consegna.

## **6 - Opere ed infrastrutture civili**

### **6.1 Caratteristiche del piano di posa dei pannelli FV**

L'impianto fotovoltaico, vista la natura delle pensiline frangisole su cui verrà installato l'impianto, sarà facilmente amovibile e sarà realizzato secondo tutti i crismi dovuti permettendo così all'impianto:

- di essere totalmente integrato nell'ambiente;
- di non avere alcun impatto sul decorso delle acque piovane;
- zero emissioni inquinanti nel suolo;
- nessuna produzione di rifiuti;
- strutture completamente rimovibili;
- sistema modulare e di dimensione scalabile;
- Manutenzione limitata.

### **6.2 Strutture di supporto per la collocazione dei pannelli**

Nell'impianto fotovoltaico i pannelli fotovoltaici sono collegati tra loro a formare delle stringhe. Queste stringhe vengono posizionate su apposite strutture di sostegno fissate alle pensiline frangisole fotovoltaiche realizzate in acciaio.

L'inclinazione ottimale dei pannelli è di 30° che ci consente anche di avere una buona staticità della struttura ed una disposizione tale da ottimizzare il rendimento di produzione. L'impianto, così come concepito, presenta una serie di file di pannelli posti in parallelo tra loro a una distanza tale da non creare fenomeni di ombreggiamento ma anche per esporre tutti i moduli alla radiazione solare più simile possibile.

### **6.3 Dimensionamento delle strutture di supporto**

Per quanto concerne la verifica strutturale delle pensiline frangisole fotovoltaica si rimanda all'elaborato specifico.

## **7 - Opere impiantistiche**

### **7.1 Impianto di terra e protezione contro i fulmini**

Gli impianti fotovoltaici, essendo dislocati all'esterno, e ricoprendo una vasta area sono particolarmente sensibili alle scariche atmosferiche sia di tipo diretto (struttura colpita da fulmine) che di tipo indiretto (caduta di un fulmine in prossimità della struttura in grado di generare campi elettromagnetici e tensioni indotte pericolose).

L'impianto è, quindi, dotato di scaricatori o limitatori di sovratensione per ogni polarità verso terra di ciascuna stringa, che sono collocati nei quadri di campo.

La settorializzazione del campo garantisce il funzionamento degli impianti, almeno parziale, anche in caso di eventi naturali imprevisti.

## **8 - Sistema di manutenzione dell'impianto**

Una volta terminato l'impianto non è richiesta più alcuna modifica o riposizionamento: sono necessari solo interventi annuali di pulizia dei pannelli, vista la loro collocazione, e controllo dei collegamenti elettrici.

Un impianto FV in media ha una vita di 25-30 anni, per cui il sistema di gestione, di controllo e di manutenzione ha un peso non trascurabile per l'ambiente in cui si colloca.

La progettazione esecutiva prevedrà la programmazione dei lavori di manutenzione e di gestione delle opere, che si devono sviluppare su base annuale in maniera dettagliata per garantire il corretto funzionamento del sistema.

In particolare, il programma dei lavori dovrà essere diviso secondo i seguenti punti:

- manutenzione programmata;
- manutenzione ordinaria;
- manutenzione straordinaria.

La programmazione sarà di natura preventiva e verrà sviluppata nei seguenti macrocapitoli:

- struttura impiantistica;
- strutture-infrastrutture edili;

Verrà creato un registro, costituito da apposite schede, dove dovranno essere indicate sia le caratteristiche principali dell'apparecchiatura sia le operazioni di manutenzione effettuate, con le date relative.

La manutenzione ordinaria comprenderà l'attività di controllo e di intervento di tutte le unità che comprendono l'impianto fotovoltaico.

Per manutenzione straordinaria si intendono tutti quegli interventi che non possono essere preventivamente programmati e che sono finalizzati a ripristinare il funzionamento delle componenti impiantistiche che manifestano guasti e/o anomalie.

La direzione e sorveglianza gestionale verrà seguita da un tecnico che avrà il compito di monitorare l'impianto, di effettuare visite periodiche e di conseguenza di controllare e coordinare gli interventi di manutenzione necessari per il corretto funzionamento dell'opera.

Marsala 02/12/2013

Il Progettista

# **ALLEGATO**

## **CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

### **STRALCIO DK 5950**

