



Unione Europea

FONDI
STRUTTURALI
EUROPEI

pon
2007-2013



MIUR

AMBIENTI PER L' APPRENDIMENTO (FESR)

PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

Il Progettista
Ing. Michele Cannizzaro
Dott. Ing.
CANNIZZARO
MICHELE
n. 3142

ASSE II "Qualità degli ambienti Scolastici"

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Il R.U.P.
Dott.ssa Caterina Giudice

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

Relazione e calcoli impianti

Prg	Dis	Data	Scala	Elaborato
MC	AN			
Ctr	Ch E	File		R.03
MC	MC	IstitutoCarducci_Comiso_R03		

INDICE

Impianto fotovoltaico relazione tecnica e calcolo impianto fotovoltaico

Premessa	2
1. RELAZIONE DESCRITTIVA	2
1.1. Descrizione dei criteri utilizzati per le scelte progettuali	3
1.1.1. Gli aspetti energetici	3
1.1.2. Gli aspetti impiantistici e di sicurezza	5
2. RELAZIONE TECNICA	7
2.1. Dati di progetto	7
2.2. Descrizione dell' impianto fotovoltaico	8
2.2.1. Generatore fotovoltaico	9
2.2.2. Generatore gruppo di conversione DC/AC	11
2.2.3. Sezione interfaccia rete e quadri elettrici	12
2.2.4. Quadri elettrici in corrente continua	16
2.3. Criteri di scelta e dimensionamento dei componenti principali: moduli, inverter e quadri elettrici	16
2.3.1. Moduli fotovoltaici	16
2.3.2. Inverter	18
2.3.3. Quadri elettrici	20
2.4. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini	21
3. ELABORATI GRAFICI	22
3.1. Schema a blocchi impianto fotovoltaico	22
3.2. Schema unifilare quadri	23
4. CALCOLI DI PRODUCIBILITA'	23
4.1. Producibilità annua	23
4.2. Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC	26
5. QUADRO DELLE PRESTAZIONI RICHIESTE	28
6. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	30
7. CALCOLO SUPPORTI "ZAVORRE" E VERIFICHE STATICHE	35
7.1. Descrizione sistema	35
7.2. Verifiche statiche	35
7.3. Azione del vento	36
7.4. Azioni esterne sui singoli elementi	36
7.5. Azioni di insieme	37
7.6. Calcolo della pressione cinetica del vento	37
7.7. Verifica dei carichi agenti sul solaio di copertura	41
7.8. Carichi permanenti	41

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Premessa

La presente relazione riporta il calcolo dell'impianto fotovoltaico da 20 KWp da collocare sulla copertura dell'edificio scolastico.

Nel documento sarà identificata l'opera, saranno forniti i dati di progetto e descritti i criteri utilizzati per le scelte progettuali, le caratteristiche dei materiali prescelti (moduli fotovoltaici, inverter, sistema di protezione di interfaccia e gruppi di misura dell'energia), i criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche e i criteri di dimensionamento dei componenti principali.

Inoltre, saranno riportati i calcoli necessari al dimensionamento, fanno parte integrante della presente relazione gli elaborati grafici specifici allegati al progetto (schemi elettrici e planimetrie).

1. – RELAZIONE DESCRITTIVA

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 20 kW sarà installato sulla copertura dell'Istituto Tecnico Commerciale sito a Comiso (RG), via Ho Chi Min e verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione trifase in corrente alternata di tipo a 400 V di competenza del gestore di rete.

L'impianto, che entrerà in esercizio a seguito di nuova costruzione, sarà individuato da un unico punto di connessione alla rete elettrica in uscita dal gruppo di conversione, rispetto al quale sarà presentata domanda al gestore di rete per la connessione alla rete.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

1.1. Descrizione dei criteri utilizzati per le scelte progettuali

Le scelte progettuali hanno riguardato i tre aspetti della progettazione di un impianto fotovoltaico, ovvero gli aspetti energetici, gli aspetti impiantistici e di sicurezza, e gli aspetti architettonici. La scelta della potenza è stata fatta su richiesta del committente

1.1.1. Gli aspetti energetici

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale¹ di 20 kW sarà collegato ad una fornitura elettrica trifase in BT a tensione nominale di 400 V con una potenza impegnata di 50 kW ed un consumo annuale medio di 36.700 kWh.

Producibilità

Dal punto di vista energetico, il criterio utilizzato nella scelta dell'esposizione del generatore fotovoltaico² è quello di massimizzare la quantità di energia solare raccolta su base annua.

Generalmente, l'esposizione ottimale si ha scegliendo per i moduli un orientamento a Sud ed una inclinazione rispetto al piano orizzontale leggermente inferiore³ al valore della latitudine del sito di installazione.

In casi particolari, sono ammessi esposizioni diverse qualora siano presenti vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore fotovoltaico che impediscono l'ottenimento dell'esposizione ottimale.

E' compito del progettista valutare di volta in volta la convenienza di una scelta non ottimale dell'esposizione.

¹ La potenza nominale di un impianto fotovoltaico è intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurate in condizioni di test standard (STC).

² Insieme dei moduli fotovoltaici e relative strutture di sostegno di un impianto fotovoltaico.

³ Tipicamente da 5° a 10° in meno della latitudine, in funzione del rapporto tra la radiazione annua diffusa e quella diretta del sito.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Generalmente tutti i moduli fotovoltaici devono avere la stessa esposizione. Qualora questa condizione non potrà essere ottenuta a causa di vincoli di natura architettonica, saranno messe in atto soluzioni impiantistiche atte ad evitare conseguenti perdite di mismatching.

Nel caso dell'impianto in oggetto, il generatore fotovoltaico presenta un'unica esposizione (angolo di tilt, e angolo di azimuth uguale per tutti i moduli fotovoltaici), ovvero:

Esposizione del generatore fotovoltaico:

Azimuth : 0°

Tilt : 20°

Inoltre, per ridurre le perdite di energia sul generatore fotovoltaico e quindi massimizzare la produzione di energia, sono state fatte le seguenti scelte progettuali:

- al fine di smaltire agevolmente il calore prodotto dai moduli causato dall'irraggiamento solare diretto, e quindi di limitare le perdite per temperatura, si è favorita la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie su cui essi sono posati.
- le caratteristiche elettriche dei moduli (corrente di cortocircuito e corrente alla massima potenza) che fanno parte della stessa stringa dovranno essere, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching corrente.
- le caratteristiche elettriche delle stringhe (tensione a vuoto e tensione alla massima potenza) che fanno parte dello stesso campo fotovoltaico dovranno essere, per quanto possibile, simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching di tensione.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- la scelta della tensione del generatore fotovoltaico è stata fatta in modo da ridurre le correnti in gioco e quindi le perdite di potenza per effetto Joule.

Considerazioni inerenti l'affidabilità (e di conseguenza la producibilità) dell'intero impianto fotovoltaico hanno indotto la scelta della conversione CC/CA decentralizzata basata su 2 inverter anziché uno.

In questo modo l'eventuale guasto di un convertitore non coinvolgerà la produzione di tutto l'impianto ma solo quella del subcampo corrispondente..

Regime di cessione dell'energia

Nel caso specifico l'impianto verrà esercito in modalità di "Scambio sul Posto", l'energia in eccesso sarà valorizzata secondo la normativa vigente al momento dell'allaccio alla rete elettrica.

1.1.2. Gli aspetti impiantistici e di sicurezza

Interfacciamento con la rete

L'impianto dovrà essere connesso alla rete elettrica di distribuzione pubblica e dovrà erogare l'energia prodotta a tensione Trifase alternata di 400 V, con frequenza 50 Hz, nei limiti di fluttuazione previsti dalle vigenti norme tecniche. Al fine di salvaguardare la qualità del servizio elettrico ed evitare pericoli per le persone e danni per le apparecchiature, l'impianto sarà dotato di un idoneo sistema di protezione di interfaccia (SPI) per il collegamento alla rete a norma CEI-021.

Inoltre, al fine di non iniettare correnti continue nella rete elettrica l'impianto sarà dotato di una separazione metallica tra la sezione DC e la sezione AC o, in alternativa, disporrà di una protezione elettromeccanica equivalente.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

La scelta del SPI e del sistema atto ad evitare l'immissione di correnti continue in rete verrà fatta in conformità alla normativa applicabile CEI 0-21, CEI 11-20 e documento ENEL DK 5940 ed 2.2.

Scelta della tensione DC

La tensione del generatore fotovoltaico (tensione DC) è stata scelta in base al tipo di moduli e di inverter che si prevede verranno utilizzati. In particolare, poiché la tensione DC è influenzata dalla temperatura delle celle e dall'irraggiamento solare, per un corretto accoppiamento tra generatore fotovoltaico e gruppo di conversione, la tensione del generatore fotovoltaico è stata scelta in modo che le sue variazioni siano sempre contenute all'interno della finestra di tensione ammessa dagli inverter.

Inoltre, si è scelta una tensione DC in modo che il suo valore massimo non superi mai la tensione massima di sistema del modulo fotovoltaico, pena la distruzione del modulo stesso. Il valore massimo della tensione DC si ha in condizioni di alto irraggiamento solare, bassa temperatura di cella e in condizioni di circuito aperto.

Essendo l'impianto in oggetto collegato ad una rete in BT, la tensione DC non dovrà mai superare 1000 V sia per non incorrere nelle prescrizioni del D.lgs. 81/2008, relativamente all'alta tensione, sia per facilitare la reperibilità sul mercato e l'economicità della componentistica elettrica che verrà utilizzata.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

2 - RELAZIONE TECNICA

2.1. Dati di progetto

I dati di progetto sono di seguito riportati e riguardano, il committente, il sito di installazione, i dati sulla fornitura elettrica e sull'impianto utilizzatore in corrente alternata e sulla presenza o meno di corpi ombreggianti.

Committente	
Sede	Sezione Staccata Istituto Tecnico Commerciale
Sede Principale	Istituto di Istruzione Superiore "Giosuè Carducci"
Titolarietà	Provincia Regionale di Ragusa
Indirizzo	Via Ho Chi Min
Città	Comiso (Rg)

Sito d'installazione	
Località	Comiso
Indirizzo	Via Ho Chi Min, S.N.
Vincoli	non è soggetta ad alcun tipo di vincolo
Latitudine	36,947°
Longitudine	14,605°
Altitudine	209 metri
Irraggiamento globale sul piano orizzontale	1853,74 kWh/m ²
Dati di irraggiamento	UNI 10349
Albedo	20%

L'impianto fotovoltaico verrà collegato ad un impianto utilizzatore servito da una fornitura elettrica avente le seguenti caratteristiche:

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Fornitura elettrica	
Gestore di rete	ENEL Servizio Elettrico
Fornitura	BT
Tipologia	Trifase
Tensione di alimentazione	400 V
Potenza contrattuale	50 kW
Consumo annuo medio	36.700 kWh
POD contratto	IT001E970886249

2.2. Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 20 kW verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione trifase in corrente alternata di tipo trifase a 400 V di competenza di ENEL.

Le caratteristiche d'impianto sono riassunte di seguito, in particolare in figura 1 è riportato lo schema elettrico unifilare d'impianto.

In esso si distinguono:

Il generatore fotovoltaico composto da due inverter trifase da 10kW ciascuno, ognuno con due stringhe da 20 moduli per un totale di 40 moduli ad inverter, di seguito un riepilogo:

4 stringhe di 20 moduli collegati in serie

Il gruppo di conversione formato da 2 inverter trifase

Il sistema di protezione di interfaccia esterno all'inverter certificato

Quadri elettrici a norma CEI

2.2.1. Generatore fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da:

- moduli fotovoltaici connessi in serie per la formazione delle stringhe;

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- strutture di supporto dei moduli;

Di seguito vengono riportate le caratteristiche del generatore fotovoltaico e dei suoi componenti principali, ovvero stringhe e moduli.

Caratteristiche elettriche del Generatore fotovoltaico	
Potenza nominale	20 kW _p
Numero moduli fotovoltaici	80
Superficie captante	128,8 m ²
Numero di stringhe totali	4
Numero di stringhe per Inverter	2
Tilt, Azimuth	20°, 0°
Tensione massima @STC (Voc)	752 V
Tensione alla massima potenza @STC (Vm)	608 V
Corrente di corto circuito @STC (Isc)	17,62 A
Corrente alla massima potenza @STC (Im)	16,46 A

Il generatore fotovoltaico della potenza nominale di 20 kW utilizza la configurazione serie-parallelo (S-P) e sarà suddiviso in 4 stringhe di moduli ed utilizzerà due inverter.

Di seguito si elencano le composizioni delle stringhe dell'impianto.

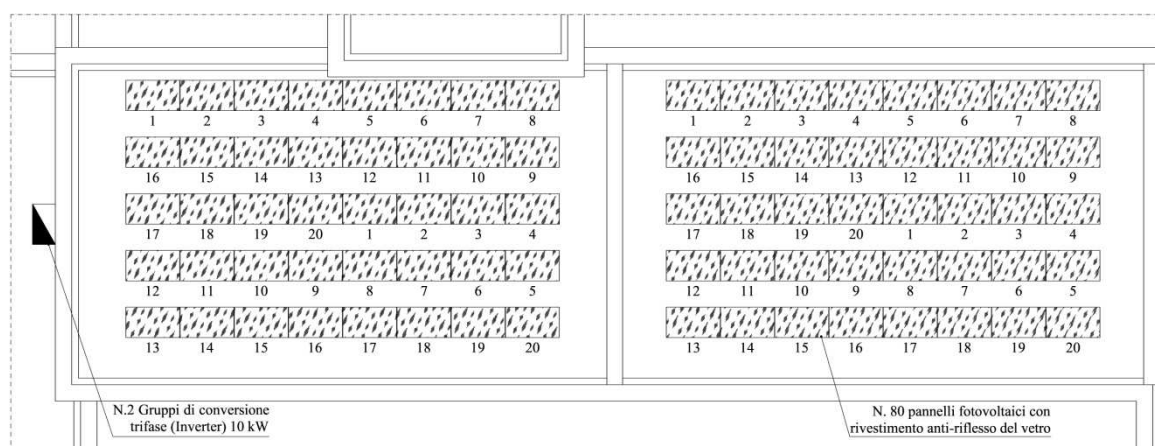
Caratteristiche elettriche delle stringhe	
Numero moduli fotovoltaici in serie	20
Potenza nominale	5 kW
Tensione a circuito aperto (Voc)	752 V
Corrente di corto circuito (Isc)	8,81 A
Corrente alla massima potenza (Im)	8,23 A

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Dati costruttivi dei Moduli:

Dati costruttivi dei moduli	
Produttore	Tipo IBC Solar
Modello	Tipo PolySol 250 ZX
Tecnologia	Si-Poly
Potenza nominale	250 W
Tolleranza	5%
Tensione a circuito aperto (Voc)	37,6 V
Tensione alla massima potenza (Vm)	30,4 V
Corrente di corto circuito (Isc)	8,81 A
Corrente alla massima potenza (Im)	8,23 A
Superficie	1,61 m ²
Efficienza	15,5%
Certificazioni	CE, IEC 61215, IEC 61730

Il posizionamento del generatore fotovoltaico sull'edificio è mostrato nell'immagine seguente:



Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

2.2.2. Gruppo di conversione DC/AC

Il gruppo di conversione dell'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da 2 inverter trifase per una potenza nominale complessiva di circa 20 kW.

Ciascun inverter sarà costituito da un ponte di conversione DC/AC e da un insieme di componenti quali dispositivi di protezione contro guasti interni e contro le sovratensioni, e da filtri che rendono il gruppo idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete elettrica in corrente alternata in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. per aumentare l'efficienza operativa d'impianto, l'inverter non avrà un trasformatore di isolamento.

Le principali caratteristiche tecniche degli inverter sono di seguito riassunte:

Dati costruttivi dell'inverter	
Produttore	Tipo SMA Solar Technology AG
Modello	Tipo Sunny Tripower STP 10000TL-10
Potenza nominale	10,2 kW
Potenza massima	10,2 kW
Efficienza massima	98,1%
Efficienza europea	97,7%
Tensione massima da PV	1000 V
Minima tensione Mppt	320 V
Massima tensione Mppt	800 V
Massima corrente in ingresso	22 A
Tensione di uscita	230 V
Uscita	Trifase
Frequenza	50 Hz
Certificazioni	AS 4777, BDEW 2008, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/2, IEC61727, IEC 62109-1/2

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Nel seguito sono riassunte le configurazioni dei due inverter:

Configurazione Inverter 1		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	20	1 x 20
2	20	1 x 20

Configurazione Inverter 2		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	20	1 x 20
2	20	1 x 20

2.2.3. Sezione interfaccia rete e quadri elettrici

La sezione di interfaccia rete conterrà il sistema di protezione di interfaccia (SPI), il dispositivo di interfaccia (DI) e il sistema di misura dell'energia prodotta.

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), costituito essenzialmente da relé di frequenza e di tensione, è richiesto, secondo la norma CEI 0-21 e CEI 11-20, a tutela degli impianti del Gestore di Rete in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica durante il regime di parallelo.

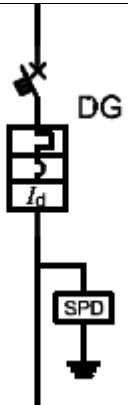
Nel caso dell'impianto in oggetto, Il sistema di protezione di interfaccia (SPI) e il dispositivo di interfaccia (DI) sono installati sul lato BT dell'impianto. Inoltre, il sistema di protezione di interfaccia (SPI) e dispositivo di interfaccia (DI) sono esterni all'inverter SMA Solar Technology AG Sunny Tripower STP 10000TL-10, , e sono conformi alla normativa applicabile: norme CEI-021, CEI 11-20 e documento ENEL DK 5940 ed 2.2.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Il sistema di misura dell'energia elettrica prodotta sarà collocato all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in alternata, resa disponibile alle utenze elettriche del soggetto responsabile.

Il dispositivo di interfaccia è esterno ai convertitori ed è costituito da un contattore.

Nel seguito le tabelle di riepilogo dei quadri in c.a. :

Quadro generale	
Protezione in uscita: Interruttore magnetotermico	
SPD uscita presente	
Protezione sugli ingressi	
Ingresso	Dispositivo
DG	Interruttore magnetotermico del tipo 10kA 4P, C50 e blocco differenziale 4P,A,63A,0,3A
SPD	Protezione da sovratensioni del tipo 2, 3P+N, I _{max} 40kA 275V con portafusibili 3P+N, 32A modulari inclusi fusibili
Schema unifilare	

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Quadro fotovoltaico (interfaccia)	
Protezione: Interruttore magnetotermico	
	Dispositivo
P11	Interruttore magnetotermico del tipo 10kA 4P, C50 con bob. di sgancio 12-60V CA CC e blocco differenziale 4P,A,63A,0,3A
DDI (Protezione di interfaccia)	n°1 - Portafusibili 3P+N, 32A - Modulari n°1 - Portafusibili S 1P+N, 32A - Modulari n°4 - Fusibile gG 10,3x38, 05A, 500V CA n°1 - Fusibile aM 10,3x38, 4A, 500V CA n°1 - relè interfaccia CEI 0-21 n°1 - modulo buffer ad ultracondensatori 24Vcc-3A 1kWs n°1 - Contattori 690V ac - In 70A - Uc min/max 20-60 Vcc, con relativi blocchi per contatti ausiliari n°1 - Alimentatore Ingresso 90-132 Vca 186-264 Vca 210-370 Vcc, Uscita 22,5..28,5 Vcc 5A
SPD	Protezione da sovratensioni del tipo 2, 3P+N, I _{max} 40kA 275V con portafusibili 3P+N, 32A modulari inclusi fusibili
Schema Unifilare	

Quadro uscita inverter	
Protezione: Interruttore magnetotermico	
	Dispositivo
DG	Interruttore magnetotermico del tipo 10.000 A – 10kA 4P, C50
DDG 1	Interruttore magnetotermico del tipo 6.000 A – 10kA 4P, C25
DDG 2	Interruttore magnetotermico del tipo 6.000 A – 10kA 4P, C25
Schema unifilare	

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

E di seguito la tabella di riepilogo dei cavi:

Cavi				Risultati		
Descrizione	Designazione	Sezione (mm ²)	Lung. (m)	Corrente (A)	Portata (A)	Caduta di tensione (%)
Rete - Quadro generale	FG7R 0.6/1 kV	16.0	5.00	32.4	88.00	<0.1
Quadro generale - Quadro fotovoltaico	FG7R 0.6/1 kV	16.0	50.00	32.4	88.00	<0.8
Quadro fotovoltaico – Quadro inverter	FG7R 0.6/1 kV	16.0	5.00	32.4	88.00	<0.1
I 1 - MPPT 1		6.0	1.00	17.2	48.00	<0.1
I 1 - Quadro di campo 1	FG21M21	6.0	35.00	17.2	48.00	<0.8
Quadro di campo 1 - S 1	FG21M21	6.0	2.00	8.81	48.00	<0.1
I 1 - MPPT 2		6.0	1.00	8.81	48.00	<0.1
I 1 - Quadro di campo 2	FG21M21	6.0	35.00	8.81	48.00	<0.3
Quadro di campo 2 - S 2	FG21M21	6.0	2.00	8.81	48.00	<0.1
I 2 - MPPT 1		6.0	1.00	17.2	48.00	<0.1
I 2 - Quadro di campo 1	FG21M21	6.0	35.00	17.2	48.00	<0.8
Quadro di campo 1 - S 3	FG21M21	6.0	2.00	8.81	48.00	<0.1
I 2 - MPPT 2		6.0	1.00	8.81	48.00	<0.1
I 2 - Quadro di campo 2	FG21M21	6.0	35.00	8.81	48.00	<0.3
Quadro di campo 2 - S 4	FG21M21	6.0	2.00	8.81	48.00	<0.1

2.2.4. Quadri elettrici in corrente continua

L'impianto fotovoltaico è costituito da 4 quadri di campo così costituiti:

Composizione quadro elettrico	
Numero di ingressi	1
Max corrente per ciascun ingresso	8,81 A
Max tensione ingresso	846,5 V
Max corrente uscita	8,81 A

Quadri di campo
<i>Protezione in uscita: Interruttore magnetotermico</i>
SPD uscita presente
<i>Protezione sugli ingressi</i>
Ingresso S 1: Interruttore magnetotermico
Diodo presente
Fusibile presente
SPD presente

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

2.3. Criteri di scelta e dimensionamento dei componenti principali: moduli, inverter e quadri elettrici

In questo paragrafo verranno illustrati i criteri di scelta e di dimensionamento, nonché le caratteristiche elettriche e dimensionali dei principali componenti dell'impianto, ovvero dei moduli fotovoltaici, degli inverter, dei quadri elettrici e delle condutture elettriche.

2.3.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono stati scelti in base alle seguenti specifiche tecniche:

- utilizzare la tecnologia del silicio policristallino essere in classe II ed avere una tensione di isolamento superiore a 1000 V
- essere accompagnato da un foglio-dati e da una targhetta posta sul retro del modulo che riportano le principali caratteristiche elettriche secondo la norma CEI EN 50380;
- dovranno avere caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch. In assenza di queste informazioni, il criterio di scelta è quello di scegliere moduli con tolleranze positive + 5 Wp sulla potenza nominale;
- essere dotati di diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa anche con danneggiamento o ombreggiamenti di una o più celle;
- avere una cassetta di terminazione con grado di protezione IP 65 da cui dipartono i cavi a loro volta dotati di connettori ad innesto rapido tipo multicontact;
- avere una potenza nominale sufficientemente elevata in modo da ridurre i cablaggi elettrici dotati di certificazione emessa da un laboratorio accreditato che certifichi la rispondenza del prodotto alla normativa applicabile;

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- avere una garanzia di prodotto contro difetti di fabbricazione e di materiale di almeno 10 anni;
- avere una garanzia sul decadimento delle prestazioni tale per cui il costruttore del modulo garantirà che la potenza nominale del modulo dopo 20 anni non sarà inferiore all' 80% della potenza nominale indicata dal costruttore all'atto dell'acquisto del modulo stesso e non inferiore al 10% nei primi 12 anni;
- avere il numero di serie e il nome del costruttore indelebili e ben visibili;
- essere provvisti di cornice, tipicamente in alluminio, per facilitare le operazioni di montaggio;
- avere una tensione massima di sistema superiore a 1000 V.

2.3.2. Inverter

Gli inverter sono stati scelti e dimensionati in base alle seguenti caratteristiche:

- la potenza complessiva degli inverter dovrà essere superiore al 90 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico.
- essere a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20.
- dovranno operare in modalità MPPT (Maximum Power Point Tracking) Ingressi in continua preferibilmente gestibili con poli non connessi a terra ("floating"), ovvero come sistemi IT.
- presentare preferibilmente un isolamento galvanico tra generatore fotovoltaico e rete

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- disporre di un dispositivo per controllo continuo dell'isolamento verso terra, lato dc, conforme alle prescrizioni CEI per gli impianti gestiti con sistema IT (CEI 64-8). Eventualmente tale protezione può essere esterna
- disporre di filtri di ingresso per contenimento eventuale ripple di tensione e corrente su generatore fotovoltaico.
- avere una efficienza europea superiore al 93% se trattasi di inverter con trasformatore di isolamento, o superiore al 95 % in assenza di tale trasformatore.
- disporre di filtri in uscita per limitare le armoniche di corrente e contenere i disturbi indotti sulla rete, in conformità alle norme CEI applicabili (EMC).
- rispondere alle norme applicabili in materia di EMC
- avere un controllo del fattore di potenza della corrente di uscita su valori prescritti (norma CEI 11-20) con eventuale sistema di rifasamento lato ca, ove risulti necessario.
- poter funzionare in modo automatico (avviamento, modalità MPPT e spegnimento automatico
- possibilità di funzionamento in sovraccarico (eventualmente con funzione di limitazione della corrente).
- possibilità di operare in condizioni di temperatura gravose (protezione mediante limitazione di potenza nel caso in cui i dispositivi di potenza raggiungano temperature elevate)
- avere protezioni e dispositivi per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20.
- essere protetto contro guasti interni.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- essere protetto contro fulminazioni indirette (presenza di scaricatori lato DC e AC)
- avere il marchio CE, essere certificato IEC 61215, IEC 61730 e CEI-021.
- disporre di una certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la di conformità alle norme applicabili, compresi i documenti tecnici dei Distributori relativamente all'interfacciamento con la rete pubblica.
- avere un grado di protezione (IP) compatibile con le condizioni di installazione prevista in fase di progettazione.

Inoltre, gli inverter verranno scelti in modo tale che il campo di variazione delle tensioni e delle correnti lato DC sia compatibile con i valori di tensione e corrente erogate dal campo fotovoltaico a cui verranno connessi, in qualsiasi condizioni di irraggiamento e temperatura ambiente. La verifica di tale compatibilità verrà fatta nei capitoli seguenti.

Analogamente, i valori di tensione e frequenza in uscita dagli inverter saranno compatibili con la rete AC alla quale l'impianto fotovoltaico sarà connesso.

2.3.3. Quadri elettrici

I quadri elettrici dovranno avere un grado di protezione IP idoneo alla tipologia di installazione (IP 65 per installazioni esterne) ed essere dotati di apposita morsettiera su cui attestare i cavi entranti ed uscenti. La morsettiera dovrà essere provvista di morsetto di terra al quale collegare tutte le masse interne al quadro per il loro collegamento a terra. I quadri dovranno preferibilmente essere fissati a parete e possibilmente non dovranno essere esposti alla radiazione solare diretta.

I quadri elettrici dovranno contenere i dispositivi di manovra, protezione che dovranno essere scelti in funzione delle grandezze elettriche presenti nel punto di installazione. In particolare, per la sezione in corrente continua dovranno essere utilizzati

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

dispositivi di protezione e manovra appositamente realizzati per l'impiego in corrente continua. Non sono quindi ammessi dispositivi di protezione e manovra realizzati per l'impiego in corrente alternata a meno che il costruttore non indichi chiaramente il coefficiente di declassamento necessario per poterli utilizzare in tutta sicurezza anche in corrente continua.

La scelta del quadro, in particolare le sue dimensioni, sarà fatta in modo che la temperatura al proprio interno non raggiunga valori tali da compromettere il buon funzionamento delle apparecchiature e dei dispositivi presenti al proprio interno. Il dimensionamento termico dei quadri sarà oggetto di progettazione esecutiva e terrà conto della resistenza termica del quadro, degli elementi presenti al loro interno che durante il normale funzionamento dell'impianto potranno dissipare potenza (dispositivi di protezione e sezionamento, comprese sbarre e cavi) e dalla massima temperatura ambiente.

I quadri elettrici dovranno infine riportare chiaramente ed in modo indelebile il nominativo del costruttore del quadro.

2.4. Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini

Il riferimento normativo in questo ambito sono le norme CEI 81-10 1/2/3/4 e CEI 82-4. Per proteggere il generatore fotovoltaico contro gli effetti prodotti da sovratensioni indotte a seguito di scariche atmosferiche verranno utilizzati scaricatori (SPD di classe II) sul lato DC da posizionare dentro i quadri di campo. Per il dettaglio si rimanda agli schemi elettrici riportati nel documento.

La scelta degli scaricatori è stata fatta in modo da rispettare la condizione:

$$UC > 1,25 * V_{OC,GENFV}$$

Dove:

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Uc: è la tensione di servizio continuo dell' SPD

Voc,genFV: è la tensione a circuito aperto @STC del generatore fotovoltaico

Inoltre, il punto di installazione degli SPD è stato scelto in modo che non vengano superate le distanze di protezione l_{po} e l_{pi} definite nella norma CEI 81-10/4:

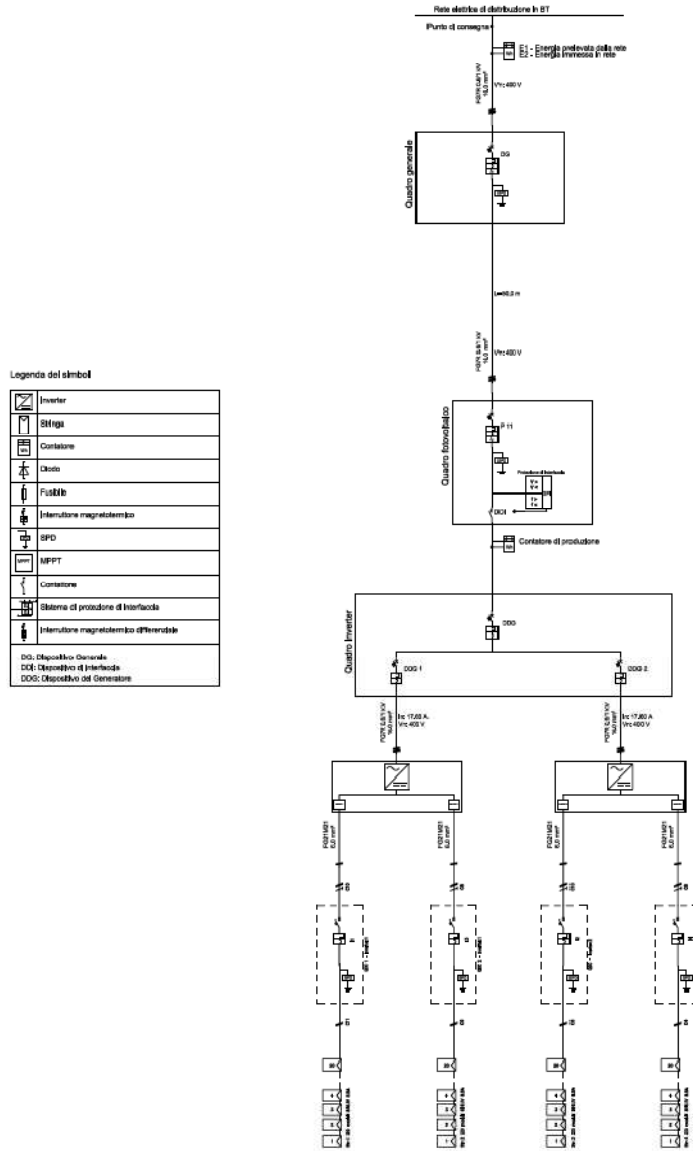
- distanza di protezione l_{po} determinata dai fenomeni di oscillazione;
- distanza di protezione l_{pi} determinata dai fenomeni d'induzione.

3. ELABORATI GRAFICI

3.1 - Schema a blocchi impianto fotovoltaico

PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
 ASSE II "Qualità degli ambienti Scolastici"

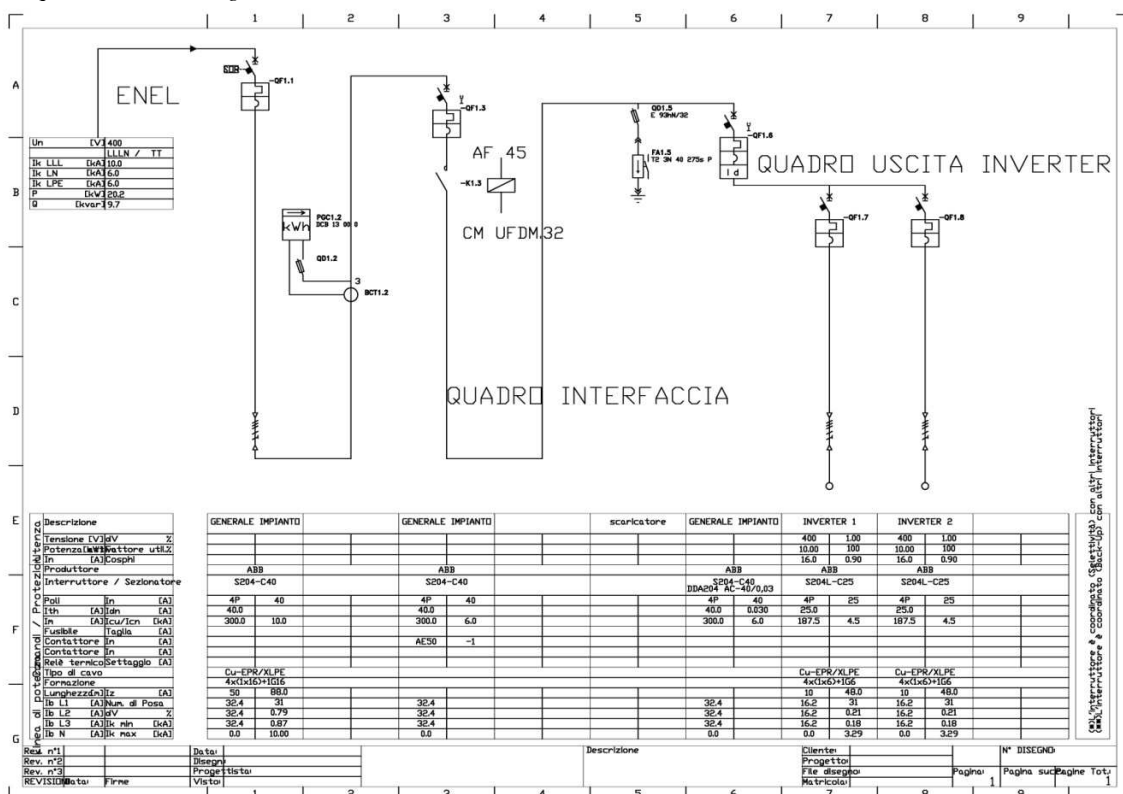
Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.



3.2. Schema unifilare quadri

PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
ASSE II "Qualità degli ambienti Scolastici"

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.



Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

La valutazione della fonte solare per la località Comiso (RG) è stata effettuata in base alla Norma UNI 10349, prendendo come riferimento la provincia che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Comiso (RG). La norma UNI 10349 fornisce una serie di dati climatici tra cui l'irraggiamento globale giornaliero medio mensile su piano orizzontale con le sue componenti diretto e diffuso. Per la località in esame i valori di irraggiamento giornaliero medio mensile sono i seguenti:

Mese	Diffuso giornaliero [kWh/m ²]	Diretto giornaliero [kWh/m ²]	Totale giornaliero [kWh/m ²]
Gennaio	0,94	1,56	2,50
Febbraio	1,22	2,09	3,31
Marzo	1,52	3,23	4,75
Aprile	1,80	4,18	5,98
Maggio	1,93	5,15	7,08
Giugno	2,03	5,38	7,41
Luglio	1,89	5,57	7,46
Agosto	2,12	5,28	7,40
Settembre	1,44	4,13	5,57
Ottobre	1,14	3,07	4,21
Novembre	0,92	2,10	3,02
Dicembre	0,90	1,23	2,13
Annuale	544,19	1309,55	1853,74

Tenendo conto dell'irraggiamento giornaliero medio mensile e del numero di giorni di cui si compongono i dodici mesi dell'anno, è possibile determinare il valore di irraggiamento globale annuale su piano orizzontale per la località di Comiso (RG). Tale valore è pari a 1853,74 [kWh/m²].

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Calcolo della producibilità

La producibilità dell'impianto è stata calcolata sulla base dei dati storici del sito di installazione relativi ai valori medi mensili dell'irraggiamento solare globale incidente su superficie orizzontale desunti dalla Norma UNI 10349 per la località in questione.

La procedura per il calcolo dell'energia prodotta dall'impianto tiene conto della potenza nominale dell'impianto (20 kW), dell'angolo di tilt e di azimut (20°, 0°) del generatore fotovoltaico, delle perdite sul generatore fotovoltaico (perdite resistive, perdite per scostamento di temperatura dei moduli, per riflessione e per mismatching tra stringhe), dell'efficienza europea degli inverter nonché del coefficiente di riflettanza del suolo antistante i moduli (20%) (albedo).

Pertanto, l'energia prodotta dall'impianto su base annua ($E_{p,a}$) si calcola come segue:

$$E_{p,a} = P_{nom} * Irr * (1-Perdite) = 32.851,78 \text{ kWh}$$

Dove:

P_{nom} = Potenza nominale dell'impianto: 20 kW

Irr = Irraggiamento annuo sul piano dei moduli: 2062,62 kWh/m²

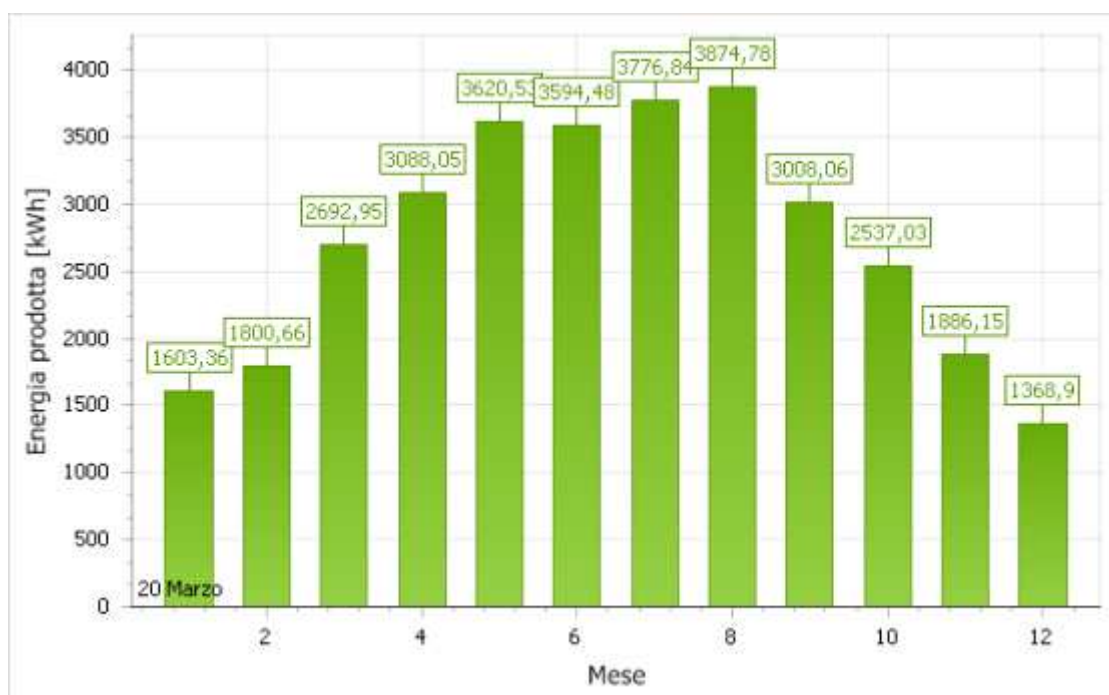
Perdite = Perdite di potenza: 20,36 %

Le perdite di potenza sono dovute a vari fattori. Nella tabella sottostante vengono riportati tali fattori di perdita e i relativi valori assunti dalla procedura per il calcolo della producibilità dell'impianto.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Fattori di perdita elettrica	
Perdite per aumento di temperatura dei moduli	5,00 %
Perdite di mismatch elettrico	5,00 %
Perdite resistive	4,00 %
Perdite per conversione DC/AC	2,30 %
Altre perdite	2,00 %
Perdite totali	20,36 %

Il grafico sotto indicato riporta l'andamento della produzione mensile di energia attesa nel corso dell'anno.



La produzione di energia annua stimata è di circa 30.000 kWh, derivante da 80 moduli fotovoltaici da 250 Wp per complessivi 20kWp.

4.2. - Verifica del corretto accoppiamento elettrico tra il generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione DC/AC.

È stata preventivamente verificata la compatibilità tra gli inverter utilizzati ed i relativi campi fotovoltaici.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Le verifiche sugli inverter si riferiscono alla sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico e riguardano:

- la verifica sulla tensione DC
- la verifica sulla corrente DC
- la verifica sulla potenza

Verifica sulla tensione DC

La verifica sulla tensione DC consiste nel controllare che l'insieme delle tensioni fornite dal campo fotovoltaico sia compatibile con il campo di variazione della tensione di ingresso dell'inverter.

In altri termini, è necessario calcolare la tensione minima e massima del campo fotovoltaico e verificare che la prima sia superiore alla tensione minima di ingresso ammessa dall'inverter, e la seconda sia inferiore alla tensione massima di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla corrente DC

La verifica sulla corrente DC consiste nel controllare che la corrente di cortocircuito @ STC del campo fotovoltaico sia inferiore alla massima corrente di ingresso ammessa dall'inverter.

Verifica sulla potenza

La verifica sulla potenza consiste nel controllare la potenza nominale del gruppo di conversione DC/AC (somma delle potenze nominali degli inverter) sia superiore all'80 % e

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

inferiore al 120 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico (somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici).

Le tabelle che seguono riportano il risultato di tali verifiche:

Inverter:1	
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (486,5 V) > Tensione minima di Mppt (320 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (486,5 V) > Tensione minima di Mppt (320 V)
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (702,5 V) < Tensione massima di Mppt (800 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (702,5 V) < Tensione massima di Mppt (800 V)
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (846,5 V) < Tensione massima dell'inverter (1000 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (846,5 V) < Tensione massima dell'inverter (1000 V)
Limiti sulla corrente	Mppt1 - Corrente di corto circuito (8,81 A) < Massima corrente dell'inverter (11 A)
Limiti sulla corrente	Mppt2 - Corrente di corto circuito (8,81 A) < Massima corrente dell'inverter (11 A)
Limiti sulla potenza	Dimensionamento in potenza (80 %) < (98%) < (120 %)

Inverter:2	
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (486,5 V) > Tensione minima di Mppt (320 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione minima alla temperatura dei moduli di 70°C (486,5 V) > Tensione minima di Mppt (320 V)
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (702,5 V) < Tensione massima di Mppt (800 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione massima alla temperatura dei moduli di -10°C (702,5 V) < Tensione massima di Mppt (800 V)
Limiti sulla tensione	Mppt1 - Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (846,5 V) < Tensione massima dell'inverter (1000 V)
Limiti sulla tensione	Mppt2 - Tensione di circuito aperto alla temperatura dei moduli di -10°C (846,5 V) < Tensione massima dell'inverter (1000 V)
Limiti sulla corrente	Mppt1 - Corrente di corto circuito (8,81 A) < Massima corrente dell'inverter (11 A)
Limiti sulla corrente	Mppt2 - Corrente di corto circuito (8,81 A) < Massima corrente dell'inverter (11 A)
Limiti sulla potenza	Dimensionamento in potenza (80 %) < (98%) < (120 %)

5. QUADRO DELLE PRESTAZIONI RICHIESTE

In termini di efficienze operative DC e AC, l'impianto sarà realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * Irr / I_{STC} \quad (\text{per } Irr > 600 \text{ W/m}^2)$$
$$P_{ca} > 0,9 * P_{cc} \quad (\text{per } P_{ca} > \text{del } 90\% \text{ della potenza di targa del gruppo di conversione})$$

Dove:

- P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;
- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata (in kVA) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
- P_{nom} è la potenza nominale (in kWp) del campo fotovoltaico;
- Irr è l'irradianza solare (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 3%;
- I_{STC} è l'irradianza solare in STC pari a 1000 W/m^2 .

Inoltre, al fine di assicurare il rispetto dei suddetti requisiti di efficienza operativa del generatore fotovoltaico e del gruppo di conversione dovrà essere emesso:

- la dichiarazione attestante la verifica tecnico-funzionale;
- il certificato di collaudo.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

5. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Criteria di progetto e documentazione

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

Sicurezza elettrica

- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems CEI EN 60529 (70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

Norme fotovoltaiche

- IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols CEI EN 50380 (82-22) Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI EN 60891 (82-5) Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
- CEI EN 60904-1 (82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI EN 60904-2 (82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle solari di riferimento
- CEI EN 60904-3 (82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
- CEI EN 61173 (82-4) Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida
- CEI EN 61215 (82-8) Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI EN 61646 (82-12) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo
- CEI EN 61277 (82-17) Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI EN 61345 (82-14) Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61701 (82-18) Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 61724 (82-15) Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
- CEI EN 61727 (82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI EN 61829 (82-16) Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- CEI EN 61683 (82-20) Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza

- CEI EN 62093 (82-24) Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali

Quadri elettrici

- CEI EN 60439-1 (17-13/1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
- CEI EN 60439-3 (17-13/3) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- CEI 0-16, Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle Imprese distributrici di energia elettrica
- CEI EN 50110-1 (11-48) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160 (110-22) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

Cavi, cavidotti e accessori

- CEI 20-19/1 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-19/4 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi flessibili
- CEI 20-19/9 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi unipolari senza guaina, per installazione fissa, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi
- CEI 20-19/10 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 10: Cavi flessibili isolati in EPR e sotto guaina di poliuretano
- CEI 20-19/11 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 11: Cavi flessibili con isolamento in EVA
- CEI 20-19/12 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili isolati in EPR resistenti al calore

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- CEI 20-19/13 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 470/750 V
 - Parte 13: Cavi unipolari e multipolari, con isolante e guaina in mescola reticolata, a bassa emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi

- CEI 20-19/14 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750V – Parte 14: Cavi per applicazioni con requisiti di alta flessibilità
- CEI 20-19/16 Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 16: Cavi resistenti all'acqua sotto guaina di policloroprene o altro elastomero sintetico equivalente
- CEI 20-20/1 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-20/3 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 3: Cavi senza guaina per posa fissa
- CEI 20-20/4 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4: Cavi con guaina per posa fissa
- CEI 20-20/5 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 5: Cavi flessibili
- CEI 20-20/9 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 9: Cavi senza guaina per installazione a bassa temperatura
- CEI 20-20/12 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 12: Cavi flessibili resistenti al calore
- CEI 20-20/14 Cavi con isolamento termoplastico con tensione nominale non superiore a 450/750 V - Parte 14: Cavi flessibili con guaina e isolamento aventi mescole termoplastiche prive di alogeni
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI EN 50086-1 Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-1 (23-54) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- CEI EN 50086-2-2 (23-55) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- CEI EN 50086-2-3 (23-56) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- CEI EN 50086-2-4 (23-46) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50262 (20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 (23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

Conversione della potenza

- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146-1-1 (22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
- CEI EN 60146-1-3 (22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori
- CEI UNI EN 45510-2-4 Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza

Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato nei comuni d'Italia, in ordine alfabetico
- CEI 81-8 Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione
- CEI EN 50164-1 (81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
- CEI EN 61643-11 (37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 (81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2 (81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3 (81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4 (81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Dispositivi di potenza

- CEI EN 50123 (serie) (9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
- CEI EN 60898-1 (23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60947-4-1 (17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici

Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50082-1 (110-8) Compatibilità elettromagnetica – Norma generica sull'immunità – Parte 1: Ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 50263 (95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 (77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000-2-2 (110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- CEI EN 61000-2-4 (110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 (110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)
- CEI EN 61000-3-3 (110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 3: Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale < 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione
- CEI EN 61000-3-12 (210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e ≤ 75 A per fase.
- CEI EN 61000-6-1 (210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-2 (210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche – Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 (210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-4 (210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche

Energia solare

- UNI 8477 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
- UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

7. CALCOLO SUPPORTI "ZAVORRE" E VERIFICHE STATICHE

7.1. Descrizione sistema

Il sistema adoperato è specifico per la posa moduli su copertura piana, tramite appositi triangoli in CLS in configurazione a file parallele e opportunamente inclinati a 20°.

Il sistema di ancoraggio al solaio di copertura del fabbricato sarà del tipo "a zavorra", quindi senza necessità di operare forature sulla copertura stessa. Una volta posizionata la struttura, saranno fissati i moduli fotovoltaici, mediante apposita bulloneria.

I componenti principali sono :

- n° 90 zavorre inclinate di 20°;
- n° 42 zavorre supplementari da 47 Kg ciascuna;
- n° 180 graffe terminale /centrale

7.2. Verifiche statiche

Le verifiche di seguito riportate sono finalizzate ad accertare se il solaio dove verrà installato il campo fotovoltaico è idoneo a tale funzione e se il sistema di ancoraggio (zavorre e unioni bullonate) utilizzate per il fissaggio di sostegno dei moduli fotovoltaici garantiscono la necessaria sicurezza sotto l'azione del vento.

Di seguito vengono riportate le due verifiche statiche condotte:

- nella prima verifica (**Azione del vento**) è stato analizzato un singolo elemento (modulo+struttura zavorra) sotto l'azione del vento per accertare se le zavorre utilizzate sono idonee alla sicurezza e stabilità del manufatto e per verificare l'unione zavorra modulo.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- la seconda (verifica solaio) è stata eseguita considerando i carichi indotti dall'impianto fotovoltaico uniformemente distribuiti sull'intera superficie occupata dall'impianto comprensiva delle corsie poste fra le file di moduli. ritenendo opportuno assumere tale schema di carico in quanto le strutture di sostegno dei moduli, e di conseguenza le zavorre di ancoraggio, poggiano su solaio esistente che strutturalmente svolge la funzione di ripartizione dei carichi.

7.3. Azione del vento

Il campo fotovoltaico dal punto di vista delle azioni del vento è riconducibile al caso di "coperture multiple di edifici" (Rif. §C3.3.10.2 Circ. Min. n. 617 del 02.02.2009), visto che i pannelli rappresentano una serie di elementi identici e contigui (alla stregua delle coperture a shed).

In merito, il D.M. 14.01.08 stabilisce che la prima superficie investita direttamente dal vento debba superare le verifiche prescritte per una qualunque copertura; per le altre superfici "interne" al campo fotovoltaico, meno esposte al vento, ragionevolmente è prevista una riduzione della sollecitazione del 25 %.

Per la determinazione delle azioni dovute al vento diretto normalmente alle ai moduli si è proceduto alle valutazioni seguenti (§C3.3.10.2.1. Circolare 02.02.2009 n. 617):

6.4. Azioni esterne sui singoli elementi:

- per la prima fila di moduli colpita dal vento sono stati assunti i coefficienti stabiliti nel § C3.3.10.1 della Circ. Min. n. 617 del 02.02.2009;
- per tutte le file di moduli successive i coefficienti relativi vengono ridotti del 25%.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

7.5. Azioni d'insieme:

- si applicano alla prima e all'ultima fila di moduli le pressioni valutate secondo i coefficienti indicati nel § C3.3.10.1 della Circ. Min. n. 617 del 02.02.2009;

- contemporaneamente si considera, applicata alla superficie proiettata in piano di tutte le parti del campo fotovoltaico, una azione superficiale orizzontale di tipo tangenziale il cui valore unitario è assunto convenzionalmente pari a $0,10 q_{ref} c_e$

7.6. Calcolo della pressione cinetica del vento

Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.I), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno a 50 anni.

Tabella 3.3.1 - Valori dei parametri $v_{b,0}$ a_0 k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [Km/h]	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle D'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	90	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	90	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Basilicata, Calabria, (esclusa la provincia di Reggio Calabria), Puglia	97,2	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	100,8	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)	100,8	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)	100,8	28	500	0,020
7	Liguria	100,8	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	108	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	111,6	31	500	0,020

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$v_{b,0}$ a_0 k_a sono parametri ricavabili dalla Tab.3.3.1 e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame, in funzione delle zone definite in Fig. 3.3.1;



Figura 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

Secondo il D.M. 14.01.08 l'azione normale alle superfici del vento è stata calcolata mediante la relazione:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

p = Pressione cinetica del vento;

q_b = Pressione cinetica di riferimento;

c_e = Coefficiente di esposizione,

c_p = Coefficiente di forma;

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

c_d = Coefficiente dinamico.

Il sito interessato è ubicato nel comune di Comiso provincia di Ragusa, quindi nella Zona 4 prevista dalla normativa; la sua altitudine è di 210 metri su livello del mare pertanto si ha:

$$v_b = v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho (v_b)^2 = 45.6 \text{ kg/mq}$$

dove:

ρ = Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/mc

Assumendo come classe di rugosità del terreno la classe B, il sito ricade nella fascia distante 30 km dalla costa e pertanto la categoria di esposizione da attribuire al sito è la III.

Poiché l'altezza della costruzione è $z = 8,50 \text{ m}$ e $z_0 = 0,10 \text{ m}$, assumendo $c_t = 1$ si ha:

$$C_{e(z)} = K_r^2 * C_t * I_{n(z/z_0)} [7 + C_t * I_{n(z/z_0)}] = 2.43$$

dove:

$$k_r = 0.20$$

$$z_0 = 0.10 \text{ m}$$

Assumendo:

$$c_d = 1.00$$

$$c_p \text{ I fila} = \pm 0.40$$

la pressione cinetica del vento sulla prima fila di pannelli risulta pari a:

$$p \text{ I fila} = 45.6 \times 2.43 \times 1.00 \times \pm 0.40 = \pm 44.321 \text{ kg/mq}$$

Data la velocità di riferimento del vento pari a 28 m/s e assunto il coefficiente di esposizione c_e pari a 2,43, nel calcolo si sta ipotizzando una velocità del vento sul modulo di circa 37 m/s, ovvero 133 km/h.

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

mentre assumendo:

$$c_d = 1.00$$

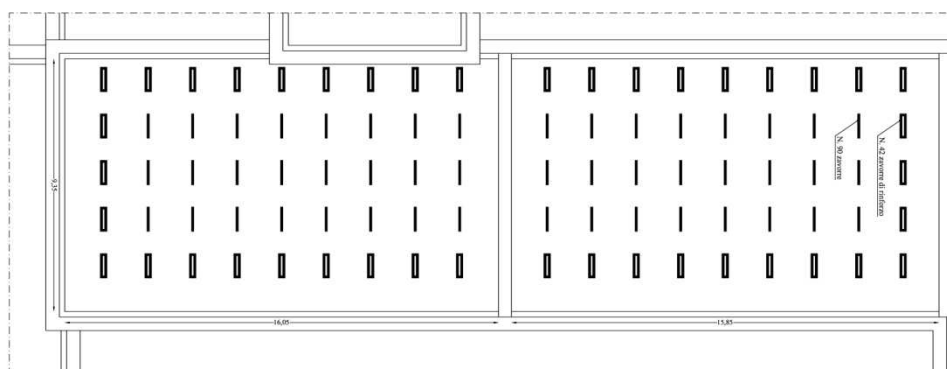
$$c_p \text{ file successive} = \pm 0.30$$

la pressione cinetica del vento sulle file successive alla prima fila di moduli risulta pari a:

$$p \text{ file successive} = 45.6 \times 2.43 \times 1.00 \times \pm 0.30 = 33.24 \text{ kg/mq}$$

Nel caso specifico si è considerato di aumentare i pesi dei supporti perimetrali aggiungendo 47 kg a zavorra, essendo l'impianto, in parte, nella zona perimetrale soggetta a maggiore spinta del vento.

Pertanto la distribuzione delle zavorre sulla copertura avrà la seguente distribuzione:



Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

7.7. Verifica dei carichi agenti sul solaio di copertura

Si procede a verificare la collocazione dell'impianto fotovoltaico in progetto sul solaio di copertura esistente, per vedere se questo è supportato a sopportare un sovraccarico dovuto dall'impianto stesso.

La verifica è stata eseguita considerando i carichi indotti dall'impianto fotovoltaico uniformemente distribuiti sull'intera superficie occupata dall'impianto comprensiva delle corsie poste fra le file di moduli.

Si è ritenuto opportuno assumere tale schema di carico in quanto le strutture di sostegno dei moduli, e di conseguenza le zavorre di ancoraggio, poggiano su solaio esistente che strutturalmente svolge la funzione di ripartizione dei carichi.

Dati di calcolo:

- dimensioni modulo (L × P × H): 1650 × 990 × 40 mm
- peso modulo: 18 kg
- inclinazione modulo: 20°
- peso zavorre per modulo: 100 Kg (= 2 x 50 Kg)
- superficie totale moduli: 128 mq
- superficie di solaio occupata dall'impianto fotovoltaico: AFV = 280 mq
- n° di zavorre impiegate 90 = 4500 kg
- n° noduli 80 x 18,50 kg/cad = 1440 kg

Analisi dei carichi

7.8. Carichi permanenti

- peso proprio moduli + zavorre = 5940 kg

Obiettivo C - "Incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l'ecosostenibilità e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la partecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti" dell' I.T.S. "G. Carducci" di Comiso.

- superficie di solaio occupata dall'impianto fotovoltaico: AFV = 280 mq

Carico aggiunto sul solaio a mq :

$$5940 / 280 \text{ mq} = 21,21 \text{ kg/mq}$$

In considerazione che le lavorazioni prevedono l'isolamento termico della terrazza nella zona dove verranno collocati i pannelli fotovoltaici con dismissione della pavimentazione esistente in mattoni di graniglia di cemento e dismissione del massetto delle pendenze in conglomerato cementizio, successiva realizzazione del massetto con conglomerato cementizio alleggerito e posa della guaina bituminosa, si ha che il peso della pavimentazione dismessa compreso di sottostrato e di massetto è maggiore del peso della nuova coibentazione e pavimentazione più quello della struttura dell'impianto fotovoltaico, pertanto non vi sono problemi di staticità del solaio di copertura.

Il Progettista

(ing. Michele Cannizzaro)