



COMUNE DI NAPOLI

“Intervento di efficientamento energetico per l’edificio di proprietà del Comune di Napoli – Centro Polifunzionale per Anziani, ubicato in via Lattanzio n.46 (ex scuola de Luca)”, nell’ambito del PNRR Missione 2 Componente 4 Investimento 2.2 – Interventi per la resilienza

PROGETTO ESECUTIVO

IL DIRIGENTE

Ing. Vincenzo Brandi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Guglielmo Pescatore

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA: ODINIPA INGEGNERIA SRL



S.G.Q. UNI EN ISO 9001:2015 N°737/34
Corso Resina, 310 - Ercolano (NA)
e-mail: odinipaingegneria@gmail.com
PEC: odinipaingegneria@postecert.it
Tel: 081-7773637 - P.IVA: 08550281219

COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

DT.Arch. Monica Vitrone

PROGETTISTI:

Ing. Improta Francesca

Ing. I. Scognamiglio Nicola

GIOVANE PROFESSIONISTA: **Ing. Mometti Gabriella**

MANDANTE: **Arch. Daniele Galeano**



RELAZIONE TECNICA - IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Livello Progettazione	Codice disciplina	N° Elaborato/ Nom. Specifica	Data	Revisione	Scala
ESE	EL	RTF	luglio 2022	-	-

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3.	PRODUZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	10
4.	ASPETTI TECNICI E DESCRITTIVI	13
5.	VERIFICHE ELETTRICHE	18
6.	CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	19
7.	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	21
8.	PROBLEMATICHE ANTINCENDIO IMPIANTI FOTOVOLTAICI	26

1. PREMESSA

L'edificio sarà dotato di un impianto fotovoltaico da **6 kWp** installato sulla copertura piana dell'edificio stesso.

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da 15 moduli (potenza di ciascuno modulo: 400 Wp) suddivisi in due stringhe una da 8 e l'altra da 7 moduli (per una superficie captante pari a circa **26,52 m²**). La coppia di stringhe confluirà ad un inverter trifase da 6 kW dotato di 2 MPPT lato c.c..

Per l'aspetto elettrico è prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica; pertanto in base alla norma CEI 64/8, tale impianto è da considerarsi classificato in categoria 1a e la messa a terra sarà:

- Lato corrente continua (CC) del tipo IT con tutte le parti attive isolate da terra e le masse metalliche (strutture metalliche di sostegno dei moduli e conici dei pannelli) collegate all'impianto di terra dell'utente;
- Lato corrente alternata (CA) del tipo TT.

Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel seguito. Si riportano le definizioni più volte riportate nella presente relazione.

Cella Fotovoltaica

Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.

Modulo fotovoltaico

Assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice di alluminio anodizzato.

Stringa

Un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.

Campo

Un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto.

Corrente di cortocircuito

Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Tensione a vuoto

Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Potenza massima di un modulo o di una stringa

Potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente/tensione dove il prodotto corrente/tensione ha il valore massimo.

Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo opera alle “condizioni standard” quando la temperatura delle giunzioni delle celle è 25°C. La radiazione solare è 1.000 W/m² e la distribuzione spettrale della radiazione è quella standard (AM 1,5).

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

CRITERI 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

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 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 ED 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

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

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
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 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.

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 81-8 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.

COMPATIBILITA' 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

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 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)

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

3. PRODUZIONE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

La quantità di energia elettrica producibile dall'impianto è stata calcolata sulla base dei dati radiometrici riportati dalla norma UNI 10349, sulla base di quanto previsto dalla norma UNI 8477; l'efficienza del generatore fotovoltaico è numericamente data dal rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kW) e la relativa superficie (espressa in m² e intesa come somma della superficie dei moduli).

Inoltre l'impianto viene progettato per avere:

- una potenza lato corrente continua superiore all'85 % della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 90 % della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione).
- In tal modo la potenza attiva, lato corrente alternata, sarà superiore al 75 % della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento.

Località: NAPOLI (NA) -- Coordinate 40° 50' 24,55" N – 14° 11' 29,29" E

Dati Irraggiamento utilizzati: UNI 10349

Metodologia scomposizione radiazione diretta/diffusa: UNI 10349

Fattore di albedo = 0.13

Inclinazione (tilt) del piano fotovoltaico: 34° (rispetto al piano orizzontale).

Azimuth del piano fotovoltaico: 0° SUD

Il calcolo dell'energia producibile dell'impianto fotovoltaico è stato basato sui seguenti dati:

- radiazione giornaliera media mensile su superficie orizzontale;
- caratteristiche del sito (latitudine e riflettanza);
- esposizione del generatore PV;
- caratteristiche del generatore PV e dell'inverter.

Nelle perdite del generatore PV sono state considerate quelle per temperatura, riflessione, sporcamento, mismatching, cavi, ombreggiamento.

Valori di irraggiamento sul piano orizzontale:

Mese	Energia Totale (kWh/mq/giorno)	Energia Totale (kWh/mq/mese)	Energia Diffusa (kWh/mq/giorno)	Energia Diffusa (kWh/mq/mese)
gennaio	1,86	57,7	0,83	25,8
febbraio	2,67	75,3	1,11	31,4
marzo	3,86	119,7	1,50	46,5
aprile	5,25	157,5	1,86	55,8
maggio	6,58	204,1	2,06	63,7
giugno	7,31	219,2	2,06	61,7
luglio	7,56	234,2	1,83	56,8
agosto	6,64	205,8	1,67	51,7
settembre	4,94	148,3	1,50	45,0
ottobre	3,56	110,2	1,14	35,3
novembre	2,11	63,3	0,89	26,7
dicembre	1,61	49,9	0,75	23,3

Analisi di producibilità:

Perdite impianto:

	Mesi					
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno
perdite per temperatura	-3,1%	-3,2%	-4,6%	-6,2%	-8,2%	-10,7%
perdite per riflessione	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%
perdite per sporcamento	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%
perdite per liv. di irraggiamento	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%
perdite per mismatching	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%
perdite nei cavi	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%
perdite inverter	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%
perdite per ombreggiamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
altre perdite di sistema	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

	Mesi					
	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
perdite per temperatura	-12,2%	-12,1%	-10,6%	-8,2%	-5,9%	-4,0%
perdite per riflessione	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%	-3,0%
perdite per sporcamento	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%	-1,0%
perdite per liv. di irraggiamento	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%	-2,2%
perdite per mismatching	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%	-1,8%
perdite nei cavi	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%	-2,0%
perdite inverter	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%	-5,0%
perdite per ombreggiamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
altre perdite di sistema	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

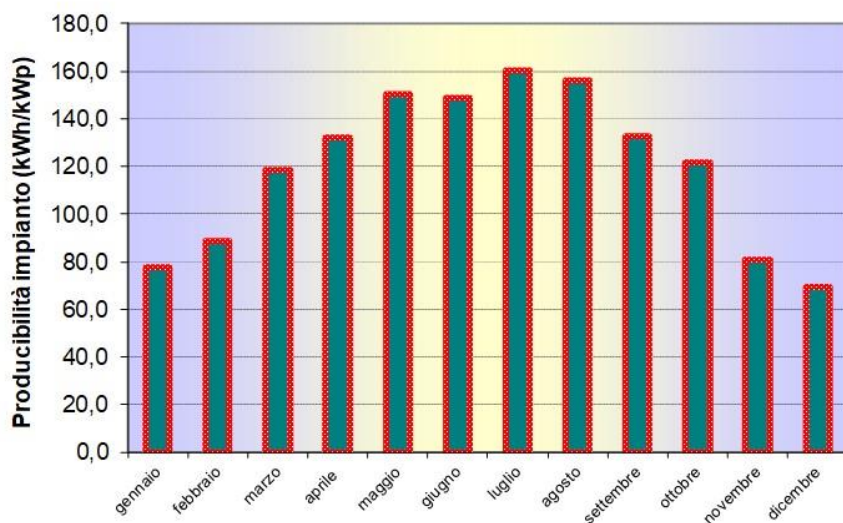
Efficienza di sistema:

	Mesi					
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno
	83,2%	83,2%	81,9%	80,6%	78,9%	76,6%
	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
	75,4%	75,5%	76,8%	78,8%	80,8%	82,4%

Producibilità:

	Mesi					
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno
energia irr. sui moduli (kWh/mq)	93,48	106,36	144,84	164,22	190,85	194,55
energia persa per ombr. (kWh/mq)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
energia utile (kWh/mq)	93,48	106,36	144,84	164,22	190,85	194,55
efficienza di sistema	0,83	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77
Producibilità (kWh/kWp)	77,79	88,46	118,64	132,29	150,52	149,11

	Mesi					
	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
energia irr. sui moduli (kWh/mq)	212,57	206,64	172,53	154,42	100,16	83,88
energia persa per ombr. (kWh/mq)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
energia utile (kWh/mq)	212,57	206,64	172,53	154,42	100,16	83,88
efficienza di sistema	0,75	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82
Producibilità (kWh/kWp)	160,25	155,99	132,49	121,71	80,92	69,15



Valori Anni:

Produttività annua (kWh/kWp)	1437,3
Efficienza di sistema	78,8%

PRODUCIBILITA' TOTALE ANNUA IMPIANTO : 8623,8 kWh

4. ASPETTI TECNICI E DESCRITTIVI

Come già detto il generatore fotovoltaico è composto da 2 sezioni ciascuna costituita da rispettivamente da 8 e 7 moduli FV, per un totale di **15 moduli fotovoltaici**. La potenza complessiva lato corrente continua risulta essere di **6 kW_p** in relazione alla potenza di picco del singolo pannello (400 Wp).

Il tipo di inverter utilizzato è in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT), costruendo l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, che permette di contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori accettabili.

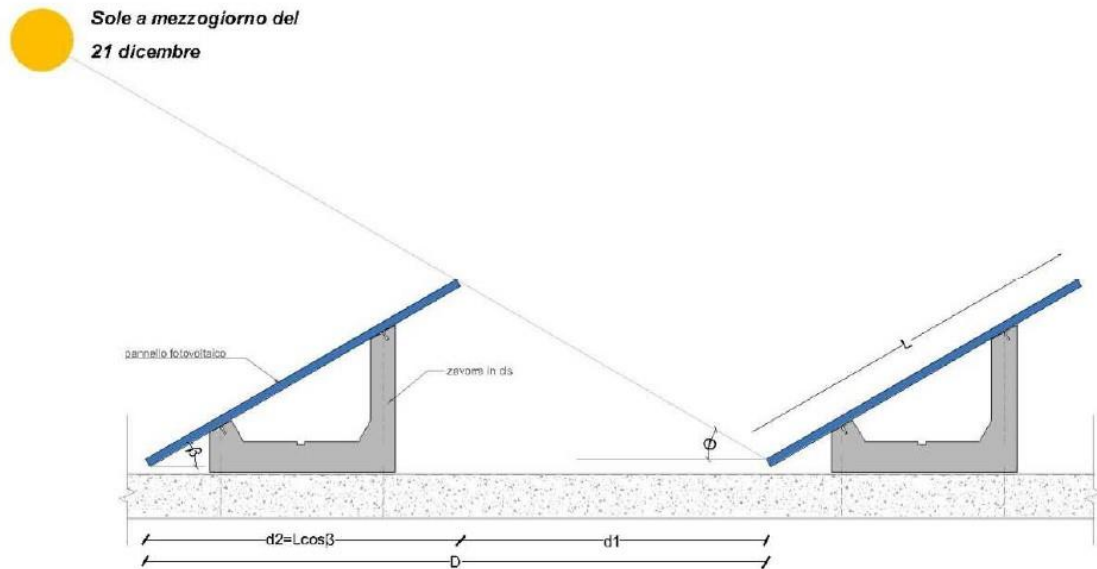
L'uscita dall'inverter, a 400 V c.a. trifase + N, è collegata alla rete elettrica dell'edificio. In particolare sarà realizzato un quadretto in PVC con l'installazione dell'interruttore generale dell'impianto fotovoltaico ubicato nei pressi (a meno di 3m) dell'esistente quadro generale dell'edificio (in un locale denominato "cabina elettrica") in modo da permettere il collegamento in parallelo alla rete esistente.

Per il posizionamento dei pannelli, al fine di evitare l'ombreggiamento reciproco, si è tenuto conto della distanza tra file stringhe contigue.

Poiché i moduli sono montati su un piano orizzontale, inclinati su file parallele, occorre distanziare le file per minimizzare l'ombra che ogni fila genera sulla successiva.

L'esigenza di evitare le ombre contrasta con quella di ridurre la superficie del campo PV.

Quale compromesso tra queste opposte esigenze si adotta la idonea distanza tra le file per cui non si ha ombra alle ore 12 (esposizione a sud) del 21 dicembre (solstizio invernale); in questo modo, i moduli sono in ombra solo nelle ore mattutine e serali dei mesi invernali. Per il collegamento in parallelo alla rete elettrica esistente, l'impianto sarà provvisto di protezioni che ne impediscono il funzionamento in isola elettrica, così come previsto dalla norme CEI vigenti e dalle prescrizioni del distributore.



(In questo modo, i moduli sono in ombra solo nelle ore mattutina e serali dei mesi invernali)

Nella figura:

- L = altezza del modulo;
- β = inclinazione del modulo
- Θ = elevazione del sole sull'orizzonte a mezzogiorno del 21 dicembre.

Pertanto la distanza minima d_1 per evitare l'ombreggiamento è data da:

$$d_1 = L \times \text{sen } \beta \times (\text{cos } g / \text{tg } \Theta)$$

- Θ : angolo di elevazione del sole a mezzogiorno del 21 dicembre (ovvero l'altezza solare massima del giorno dell'anno in cui il sole è più basso) = $90^\circ - \text{latitudine del sito} - \text{declinazione solare al solstizio d'inverno} = 90^\circ - 40,84^\circ - 23,27^\circ = 25,89^\circ$
- g : angolo di azimuth

Si ottiene pertanto:

L (m)	D (m)	d2 (m)	d1=D-d2 (m)
1,69	3,35	1,40	1,95

L'impianto FV verrà disconnesso dalla rete elettrica di distribuzione quando i valori di funzionamento relativi a tensione e frequenza di rete dovessero uscire dall'intervallo di valori definito di seguito:

- minima tensione: $0,8 V_n$ (tempo di intervento 0,2 s);
- massima tensione: $1,2 V_n$ (tempo di intervento 0,15 s);
- minima frequenza 49,7 Hz (tempo di intervento 0,0 s) (senza ritardo intenzionale);
- massima frequenza: 50,3 Hz (tempo di intervento 0,0 s) (senza ritardo intenzionale).

Poiché l'impianto ha una potenza inferiore a 11,08 kW non è necessario installare (come da CEI 0-21) un dispositivo di interfaccia esterno; l'inverter è dotato di dispositivo di interfaccia interno.

In corrispondenza della porta del locale tecnico ed in copertura (dove ubicato il campo fotovoltaico) sarà installata idonea segnaletica di sicurezza con cartellonistica conforme al D. Lgs. 81/2008 riportante la seguente scritta: "ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE (1000V)".

La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, sarà installata ogni 10m per i tratti di condotta. I pannelli fotovoltaici sono certificati come reazione al fuoco di CLASSE 1, come alla risoluzione dell'area V della DCPST-settore reazione al fuoco del 28/03/2012 con le procedure di prova previste dal DM 20/06/1984 mod. con DM del 03/ 09/2001. (cfr. paragrafo 8).

Sarà installato un pulsante per lo sgancio di emergenza dell'impianto FV.

Dal punto di vista energetico, il criterio utilizzato nella scelta dell'esposizione del generatore fotovoltaico 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 inferiore 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.

Generalmente tutti i moduli fotovoltaici devono avere la stessa esposizione. Qualora questa condizione non potrà essere ottenuta a causa di vincoli di natura architettonica, dovranno essere 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).

Le scelte installative sono state dettate dalla necessità di ridurre il carico aggiuntivo in kg/mq dovuto alle zavorre da utilizzare per rispondere alla normativa per carichi da vento e neve e dalla necessità di facilitare le operazioni di installazione e manutenzione, con particolare attenzione alla sicurezza, da cui la disposizione parallela alla struttura ospitante in modo da massimizzare le distanze rispetto ai bordi della copertura.

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 sono 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 sono simili tra loro in modo da limitare le perdite di potenza per mismatching di tensione.
- Il dimensionamento delle condutture elettriche è stato fatto in modo da limitare le cadute di tensione al massimo entro il 2 % della tensione nominale del circuito, ma anche da assicurare una durata di vita delle condutture pari almeno a quella dell'impianto (30 anni) tenendo conto delle particolari condizioni di posa delle stesse.
- 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.

La scelta, poi, della potenza nominale dell'impianto è stata fatta in modo da poter accedere al regime di cessione dell'energia elettrica alla rete pubblica più conveniente per l'utente che ha la titolarità o la disponibilità dell'impianto. Il criterio di scelta è quindi quello di rendere massimo il valore economico dell'energia prodotta.

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.

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 dall'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.

5. VERIFICHE ELETTRICHE

Ai fini delle verifiche e del dimensionamento dell'impianto è stato scelto un pannello modello **MAXEON 3 COM (SPR-MAX3-400-COM)** della **SUNPOWER** da 400Wp o similare mentre per l'inverter il modello **SYMO 6.0-3-M trifase** della **FRONIUS** da 6 kW o similare.

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

- utilizzare la tecnologia del silicio monocristallino;
- essere in classe II ed avere una tensione di isolamento non inferiore a 1000 V;
- essere accompagnati 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;
- hanno caratteristiche elettriche, per quanto possibile, simili fra loro (soprattutto la corrente nominale), in modo da limitare le perdite elettriche per mismatch;
- 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;
- dotati di certificazione emessa da un laboratorio accreditato che certifichi la rispondenza del prodotto alla normativa applicabile;
- 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;
- 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.

6. CONFIGURAZIONE DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

Il modulo fotovoltaico ha le seguenti specifiche:

- Vetro anteriore: Vetro temperato antiriflesso ad alta trasmittanza
- Carico max.: neve - 550 kg /m² (5400 Pa) fronte; vento - 244 kg /m² (2400 Pa) fronte e retro
- Resistenza all'impatto: Grandine – 25 mm a 23 m/s
- Scatola di giunzione: IP 68, connettori MultiContact (MC4)
- Lunghezza cablaggio (mm) : 1200
- Efficienza di conversione totale del 22,6%.

SPECIFICHE PANNELLO FOTOVOLTAICO	
Potenza di picco (W):	400
Tensione MPP – Vmp (V)	65,8
Corrente a Pmax-Imp (A):	6,08
Tensione di circuito aperto Voc (V)	75,6
Corrente di circuito chiuso Isc (A)	6,58
Tensione max del sistema VDC (V)	1000
Efficienza del pannello (%)	22,6
Dimensioni pannello (mm)	1690x1046x40

Si considerano come temperature massime e minime di lavoro dei moduli, rispettivamente 70°C e -10° C; si tiene conto che la temperatura relativa alle condizioni di prova standard è 25°C.

COEFFICIENTI DI TEMPERATURA	
Coeff. di temperatura di potenza (%/°C) [Cp]	-0,27
Coeff. di temperatura di tensione (mV/°C) [Cv]	-0,236
Coeff. di temperatura di corrente (mA/°C) [Ci]	3,5
NOCT (%)	46±2°C

L'inverter ha l'interfaccia web integrata consente una rapida messa in servizio mediante smartphone o tablet – senza necessità di aprire l'inverter stesso. Esso ha:

- Elevato grado di rendimento
- Gestione dell'ombreggiamento e gestione attiva della temperatura
- Tensione d'ingresso CC fino a 1000V
- Funzioni di gestione di rete integrate
- Immissione della potenza reattiva
- Comunicazione Bluetooth®
- Relè multifunzione di serie

- Immissione trifase
- Collegamento cavi senza attrezzi
- Sezionatore integrato

SPECIFICHE INVERTER
LATO C.C.
Potenza massima: 6000 W
Tensione di ingresso massima: 1000 V
Range di tensione MPP: 195-800 V
Tensione nominale di ingresso: 595 V
Tensione minima di ingresso: 150 V
Numero ingressi indipendenti: 2
Numero stringhe ingresso A: 2
Numero stringhe ingresso B: 2
Corrente di ingresso massima (ingresso A): 16 A
Corrente di ingresso massima (ingresso B): 16 A
LATO C.A. (trifase)
Potenza massima: 6000 W
Tensione nominale : 3-NPE 400V/230V o 3-NPE 380V/220V
Frequenza di rete : 50Hz
Corrente di uscita max/nominale : 8,7 A

Sono state effettuate le verifiche (positive) del corretto accoppiamento tra i moduli fotovoltaici ed inverter. Più precisamente:

a) Verifica sulla tensione CC

- La massima tensione a vuoto di stringa non deve superare la massima tensione tollerata dall'inverter.
- La tensione MPP minima di stringa non deve essere inferiore alla minima tensione dell'MPPT dell'inverter.
- La tensione MPP massima di stringa non deve superare la massima tensione dell'MPPT dell'inverter.

b) Verifica sulla corrente CC

- Il valore della corrente MPP massima della stringa (1.25Isc) che alimenta ogni ingresso indipendente dell'inverter non deve superare la corrente in ingresso massima dell'inverter.

7. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

PORTATA DELLE CONDUTTURE

La corrente trasportata dai conduttori nell'esercizio ordinario non deve far superare ai conduttori stessi la temperatura limite stabilita nelle rispettive Norme in relazione al tipo di isolante usato.

ISOLAMENTO DEI CAVI

I cavi utilizzati per la realizzazione dell'impianto sono del tipo “solare” per le linee elettriche dal generatore fotovoltaico agli inverter, ovvero conformi alla Norma CEI 20-67 siglati H1Z2Z2-K; da quest'ultimi verso i misuratori e la rete si utilizzeranno cavi CPR multipolari FG16OM16 o unipolari FG16M16 EUROCLASSE Cca-s1b, d1, a1, 0,6/1kV, adatti per posa interna ed esterna.

Per il cablaggio all'interno dei quadri di distribuzione sono previsti cavi unipolari con isolamento in PVC qualità R2 antifiamma tipo FS17 ($U_0/U = 450/750$ V) e comunque adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U_0/U) non inferiore a 450/750 V.

SEZIONE MINIMA DEI CAVI

Per la scelta dei cavi da usare in relazione alle condizioni di impiego ci si è attenuto alle prescrizioni della Normativa CEI, raccomandazioni sulla scelta e installazione dei cavi contenute nelle Norme CE e secondo i criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI UNEL. Per ogni tipo di cavo la sezione minima da usare è quella specificata nelle rispettive Norme.

I conduttori di neutro devono avere una sezione non inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase ad eccezione dei circuiti polifase con conduttori di fase superiore a 16 mm², nel cui caso può essere ridotta fino alla metà di quella dei conduttori di fase col minimo tuttavia di 16 mm² (rame) purché siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- il carico sia essenzialmente equilibrato e comunque il neutro di sezione ridotta assicuri la necessaria portata in servizio ordinario;
- sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti.

In merito alla protezione del neutro, è vietato installare dispositivi di protezione che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente il conduttore o i conduttori di fase.

COLORE DISTINTIVO DEI CAVI

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL.

In particolare, i conduttori di neutro e protezione dovranno essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde; i circuiti in c.c. saranno chiaramente siglati con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI TERRA E DI PROTEZIONE

Le sezioni dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano al dispersore di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non devono essere inferiori a quelle indicate nella Norma CEI 64-8.

In particolare per i conduttori di protezione le sezioni minime devono essere:

- sezione del conduttore di protezione uguale al conduttore di fase aventi sezione inferiore a 16 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari a 16 mm² per conduttore di fase maggiore di 16 mm² e minore o uguale a 35 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari alla metà del conduttore di conduttore di fase maggiore a 35 mm²;
- la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica; 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.
- Per il conduttore di terra la sezione deve essere non inferiore a quella dei conduttori di protezione di cui ai punti precedenti e con i seguenti valori minimi:
- per i conduttori di rame protetti meccanicamente e contro la corrosione il valore minimo di sezione deve essere non inferiore a 16 mm² (rame);
- per i conduttori di cui sopra, ma non protetti contro la corrosione, la sezione minima deve essere non inferiore a 25 mm² (rame).

Per quanto non espressamente menzionato si rimanda alla Norma CEI 64-8.

CADUTA DI TENSIONE

Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto fotovoltaico.

I cavi, quindi, sono stati scelti per non superare l'1% della tensione nominale della sezione in CC tra la stringa di moduli fotovoltaici più sfavorita e l'inverter e l'1 % della tensione nominale del lato CA tra l'inverter e il contatore di produzione. Il valore della caduta di tensione lato CC è stato determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k \times I_n \times L \times R$$

Il valore della caduta di tensione lato CA è determinato mediante la seguente formula:

$$\Delta U = k \times I_n \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

dove:

I= corrente nominale;

k= coefficiente pari a 2 per circuiti monofasi e 1,73 per i circuiti trifasi;

L= lunghezza della linea;

R= resistenza del cavo;

X= reattanza del cavo;

$\cos \phi$ = fattore di potenza.

TUBAZIONI E CANALI

Il riempimento di canali e passerelle non supererà il 50% dello spazio disponibile (non sono ammesse giunzioni all'interno dei canali e passerelle).

Tutti i tubi di materiale termoplastico sono del tipo pesante (rigido o flessibile).

VICINANZA A CONDUTTURE DI SERVIZI NON ELETTRICI

Quando una conduttura elettrica sia posta nelle immediate vicinanze di una conduttura non elettrica, devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- le condutture elettriche devono essere protette in modo adeguato contro i pericoli che potrebbero derivare dalla presenza di condutture di altri servizi;
- la protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata in accordo con le prescrizioni della Norma CEI 64-8 contro i contatti indiretti, considerando le condutture metalliche non elettriche come masse estranee.

COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE PRINCIPALE

Devono essere collegati al collettore o nodo principale di terra:

- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- il conduttore di terra;
- le parti strutturali metalliche dell'impianto fotovoltaico (sostegni e cornici dei pannelli).

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Contro i contatti diretti vengono utilizzati appropriati involucri con gradi di protezione, isolamento e resistenza meccanica scelti in base alla normativa vigente e al luogo di utilizzo.

Le parti attive saranno collocate all'interno di custodie fornite di grado di protezione minimo non inferiore a IP55.

Le superfici orizzontali delle custodie hanno un grado di protezione minimo non inferiore a IP55. Il grado di protezione dovrà essere in ogni caso idoneo al luogo di utilizzo.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti consiste nell'installazione di sistemi di interruzione automatica differenziale.

PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

Al fine di assicurare la protezione contro il sovraccarico:

- la corrente nominale del dispositivo di protezione (I_n) è superiore alla corrente di impiego del circuito (I_B) ma inferiore alla portata a regime della conduttura (I_z) in base alla relazione:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

- la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite non è maggiore di 1,45 volte la portata a regime della conduttura (I_z) in base alla relazione:

$$I_B \leq 1,45 I_z$$

PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

Sono previsti dei dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori dei circuiti elettrici che possono essere fonte di pericolo dovuti a effetti termici e meccanici o di invecchiamenti precoci dell'isolamento dei conduttori.

Al fine di assicurare la protezione contro il cortocircuito:

- il potere di interruzione dei dispositivi di protezione non è inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione;
- l'energia lasciata passare dal dispositivo di protezione ($I^2 t$), data dal quadrato della corrente effettiva di cortocircuito per la durata dell'evento, è inferiore o uguale a quella massima consentita per non portare la conduttura alla temperatura limite ammissibile ($K^2 S^2$), data dal prodotto fra il quadrato di un coefficiente funzione del tipo di isolante del cavo e il quadrato della sezione del cavo stesso, secondo la relazione:

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI

I componenti che durante il loro funzionamento possono raggiungere temperature elevate e quelli che possono essere riscaldati indirettamente da altri saranno installati in modo da non costituire pericolo per

le persone che ne possono venire a contatto, non danneggiare componenti vicini e non costituire possibile causa d'incendio.

Tutti i componenti e i materiali sono comunque conformi e installati in ottemperanza a quanto prescritto nel capitolo 42 della Norma CE 64-8.

PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE

L'impianto fotovoltaico non influisce sulla forma e volumetria dell'edificio e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

L'inserzione di SPD (scaricatori di sovratensione) lato corrente alternata tuttavia garantisce una migliore protezione dei componenti dell'impianto contro eventuali sovratensioni indotte da fulminazioni indirette che eventualmente potrebbero abbattersi in prossimità dell'impianto stesso.

Gli inverter contengono al loro interno, sul lato corrente continua, protezioni da sovratensioni; pur tuttavia sono previsti SPD all'arrivo delle linee al campo FV.

STRUTTURA DI APPOGGIO MODULI

I moduli fotovoltaici sono fissati per mezzo di apposite strutture metalliche in grado di consentire il montaggio e lo smontaggio di ciascun modello in maniera indipendente dalla presenza o meno di quelli contigui.

La sopraelevazione dei moduli rispetto al piano di riferimento consente il passaggio di aria favorendo la ventilazione retrostante dei moduli e il miglioramento dell'efficienza degli stessi.

La struttura di sostegno dei moduli, in uno con le zavorre, è calcolata per resistere alle sollecitazioni di carico permanente dovute al peso dei moduli, delle strutture e ai sovraccarichi dovuti a neve e spinta del vento.

I materiali utilizzati saranno in alluminio anodizzato e acciaio inox.

I moduli fotovoltaici avranno caratteristiche meccaniche adeguate, tali da sopportare i carichi di neve e vento, così come la struttura dovrà essere fissata in modo tale da non compromettere la stabilità dell'impianto. La verifica dei sostegni sarà effettuata secondo le NTC 2018.

8. PROBLEMATICHE ANTINCENDIO IMPIANTI FOTOVOLTAICI

L'impianto fotovoltaico progettato è perfettamente rispondente alle prescrizioni antincendio

Nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012 (*Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012.*)_La guida recepisce i contenuti del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 e tiene conto delle varie problematiche emerse a seguito delle installazioni di impianti fotovoltaici._Essa sostituisce quella emanata con nota prot. n. 5158 del 26 marzo 2010.

Si riportano gli aspetti più significativi di quanto previsto dalla guida stessa.

Premessa

Gli impianti fotovoltaici non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122".

In via generale l'installazione di un impianto fotovoltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio.

L'aggravio potrebbe concretizzarsi, per il fabbricato servito, in termini di:

- interferenza con il sistema di ventilazione dei prodotti della combustione (ostruzione parziale/totale di traslucidi, impedimenti apertura evacuatori);
- ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;
- rischio di propagazione delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato (presenza di condutture sulla copertura di un fabbricato suddiviso in più compartimenti - modifica della velocità di propagazione di un incendio in un fabbricato mono compartimento).

L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi richiede gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'art. 4 del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011. Inoltre, risulta necessario valutare l'eventuale pericolo di elettrocuzione cui può essere esposto l'operatore VV.F. per la presenza di elementi circuitali in tensione. Si evidenzia che ai sensi del D.Lgs 81/2008 dovrà essere garantita l'accessibilità all'impianto per effettuare le relative operazioni di manutenzione e controllo.

Campo di applicazione

Rientrano, nel campo di applicazione della guida, gli impianti con tensione in corrente continua (c.c.) non superiore a 1500 V.

Requisiti tecnici

Ai fini della prevenzione incendi gli impianti FV dovranno essere progettati, realizzati e mantenuti a regola d'arte. Ove gli impianti siano eseguiti secondo i documenti tecnici emanati dal CEI (norme e guide) e/o dagli organismi di normazione internazionale, essi si intendono realizzati a regola d'arte.

Inoltre tutti i componenti dovranno essere conformi alle disposizioni comunitarie o nazionali applicabili. In particolare, il modulo fotovoltaico dovrà essere conforme alle Norme CEI EN 61730-1 e CEI EN 61730-2.

L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato. Tale condizione si ritiene rispettata qualora l'impianto fotovoltaico, incorporato in un opera di costruzione, venga installato su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005). Risulta, altresì, equivalente l'interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio, di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).

In alternativa potrà essere effettuata una specifica valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti (secondo UNI EN 13501-5:2009 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'art. 2 del DM 10 marzo 2005 recante "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione" da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.

L'ubicazione dei moduli e delle condutture elettriche dovrà inoltre sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) presenti, nonché tener conto, in base all'analisi del rischio incendio, dell'esistenza di possibili vie di veicolazione di incendi (lucernari, camini, ecc.). In ogni caso i moduli, le condutture, gli inverter, i quadri ed altri eventuali apparati non dovranno essere installati nel raggio di 1 m dagli EFC.

Inoltre, in presenza di elementi verticali di compartimentazione antincendio, posti all'interno dell'attività sottostante al piano di appoggio dell'impianto fotovoltaico, lo stesso dovrà distare almeno 1 m dalla proiezione di tali elementi. L'impianto FV dovrà, inoltre, avere le seguenti caratteristiche:

- *in caso di presenza di gas, vapori, nebbie infiammabili o polveri combustibili, al fine di evitare i pericoli determinati dall'innescò elettrico, è necessario installare la parte di impianto in corrente continua, compreso l'inverter, all'esterno delle zone classificate ai sensi del D.Lgs. 81/2008 - allegato XLIX;*
- *nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di materiale esplodente, il generatore fotovoltaico e tutti gli altri componenti in corrente continua costituenti potenziali fonti di innesco, dovranno essere installati alle distanze di sicurezza stabilite dalle norme tecniche applicabili;*
- *i componenti dell'impianto non dovranno essere installati in luoghi definiti "luoghi sicuri" ai sensi del DM 30/11/1983, né essere di intralcio alle vie di esodo;*
- *le strutture portanti, ai fini del soddisfacimento dei livelli di prestazione contro l'incendio di cui al DM 09/03/2007, dovranno essere verificate e documentate tenendo conto delle variate condizioni dei carichi strutturali sulla copertura, dovute alla presenza del generatore fotovoltaico, anche con riferimento al DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".*

Documentazione

Dovrà essere acquisita la dichiarazione di conformità di tutto l'impianto fotovoltaico e non delle singole parti, ai sensi del D.M. 37/2008; per impianti con potenza nominale superiore a 20 kW dovrà essere acquisita la documentazione prevista dalla Lettera Circolare M.I. Prot. n. P515/4101 sott. 72/E.6 del 24 aprile 2008 e successive modifiche ed integrazioni.

Verifiche

Periodicamente e ad ogni trasformazione, ampliamento o modifica dell'impianto dovranno essere eseguite e documentate le verifiche ai fini del rischio incendio dell'impianto fotovoltaico, con particolare attenzione ai sistemi di giunzione e di serraggio.

Segnaletica di sicurezza

L'area in cui è ubicato il generatore ed i suoi accessori, qualora accessibile, dovrà essere segnalata con apposita cartellonistica conforme al D.Lgs. 81/2008. La predetta cartellonistica dovrà riportare la seguente dicitura:

ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE (... Volt).

La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, dovrà essere installata ogni 10 m per i tratti di condotta.



**ATTENZIONE
IMPIANTO FOTOVOLTAICO
IN TENSIONE DURANTE
LE ORE DIURNE
(..... volt)**

- Nel caso di generatori fotovoltaici presenti sulla copertura dei fabbricati, detta segnaletica dovrà essere installata in corrispondenza di tutti i varchi di accesso del fabbricato.
- I dispositivi di sezionamento di emergenza dovranno essere individuati con la segnaletica di sicurezza di cui al titolo V del D.Lgs. 81/08

Salvaguardia degli operatori VV.F.

Per quanto riguarda la salvaguardia degli operatori VV.F. si rimanda a quanto indicato nella nota PROT. EM 622/867 del 18/02/2011, recante "Procedure in caso di intervento in presenza di pannelli fotovoltaici e sicurezza degli operatori vigili del fuoco". Si segnala che è stata presa in considerazione l'installazione di dispositivi di sezionamento per gruppi di moduli, azionabili a distanza, ma ad oggi non se ne richiede l'obbligatorietà in quanto non è nota l'affidabilità nel tempo, né è stata emanata una normativa specifica che ne disciplini la realizzazione, l'utilizzo e la certificazione.

Chiarimenti alla nota prot. n. 1324 del 7 febbraio 2012

A) In via generale l'installa-zione di un impianto foto-voltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio.

Nel valutare l'eventuale aggravio del preesistente livello di rischio di incendio devono essere valutati i seguenti aspetti:

- *interferenza con il sistema di ventilazione dei prodotti della combustione (ostruzione parziale/totale di traslucidi, impedimenti apertura evacuatori);*
- *modalità di propagazione dell'incendio in un fabbricato delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato (presenza di condutture sulla copertura di un fabbricato suddiviso in più compartimenti - modifica della velocità di propagazione di un incendio in un fabbricato mono compartimento);*
- *sicurezza degli operatori addetti alla manutenzione;*
- *sicurezza degli addetti alle operazioni di soccorso.*

Detta valutazione dovrà consentire l'individuazione degli adempimenti previsti al comma 6 dell'articolo 4 del DPR 151/2011.

B) L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di Premessa prevenzione incendi richiede gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'articolo 4 del DPR n. 151 del 1° agosto 2011

Per "impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi" si intende un impianto FV incorporato nell'attività soggetta, secondo la definizione chiarita nel seguito, indipendentemente dall'utilizzatore finale.

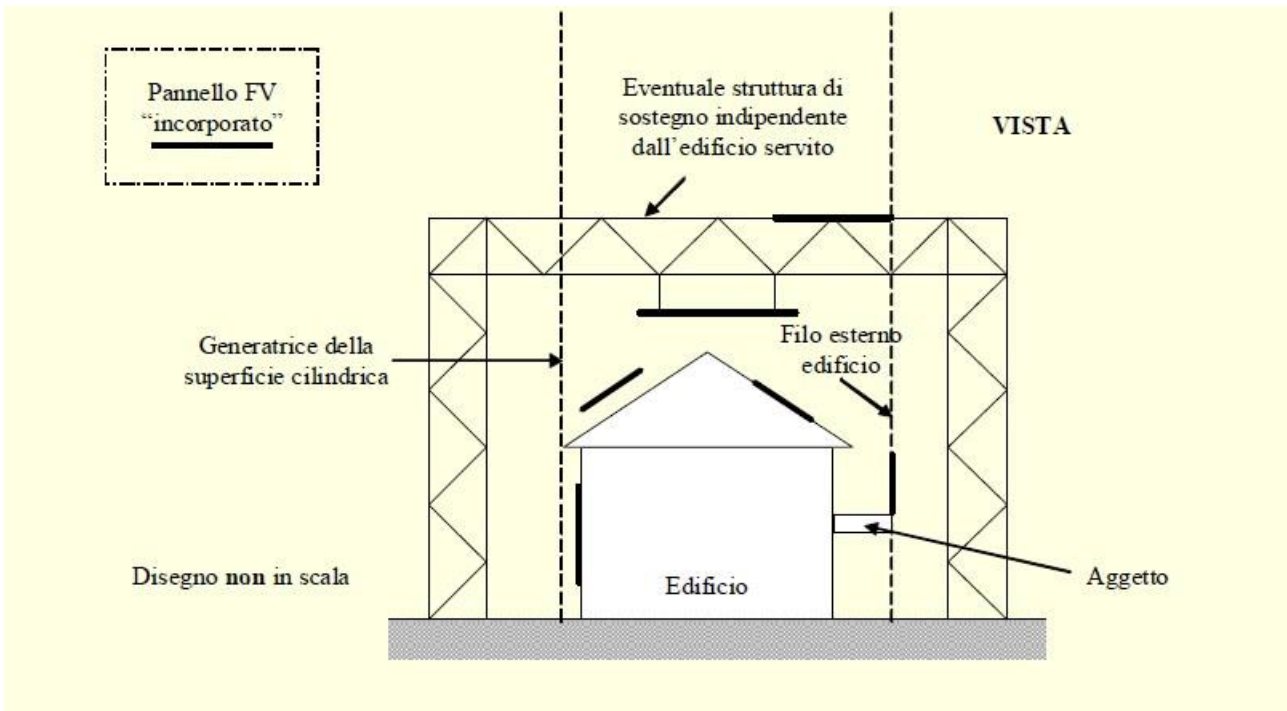
C) L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi richiede gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'articolo 4 del DPR n. 151 del 1 agosto 2011.

Qualora dalla valutazione del rischio incendio emerga un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio nei confronti della/e attività soggette, dovranno essere assolti i seguenti adempimenti riferiti al DPR 151/2011: - per le attività in categoria A - Presentazione di Scia a lavori ultimati; - per le attività in categoria B e C - Presentazione del progetto ai fini della valutazione e Scia a lavori ultimati. Qualora invece dalla valutazione del rischio incendio non emerga un aggravio delle preesistenti condizioni di sicurezza antincendio nei confronti della/e attività soggette, dovrà essere aggiornata la pratica con la presentazione della Scia. In caso di presentazione della Scia senza preventiva approvazione del progetto la documentazione dovrà essere integrata con la valutazione del rischio. Il corrispettivo da pagare, ai sensi del DPR 151, sarà quello relativo all'attività principale rispetto alla quale l'impianto FV è "a servizio" così come chiarito al punto precedente.

D) L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato. Tale condizione si ritiene rispettata qualora l'impianto fotovoltaico, incorporato in un'opera di costruzione, venga installato su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26 giugno 1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10 marzo 2005).

Per "incorporato" si intende un impianto i cui moduli ricadono, anche parzialmente, nel volume delimitato dalla superficie cilindrica verticale avente come generatrice la proiezione in pianta del fabbricato (inclusi aggetti e sporti di gronda). A mero titolo esemplificativo, si veda l'allegato "A" alla presente nota esplicativa.

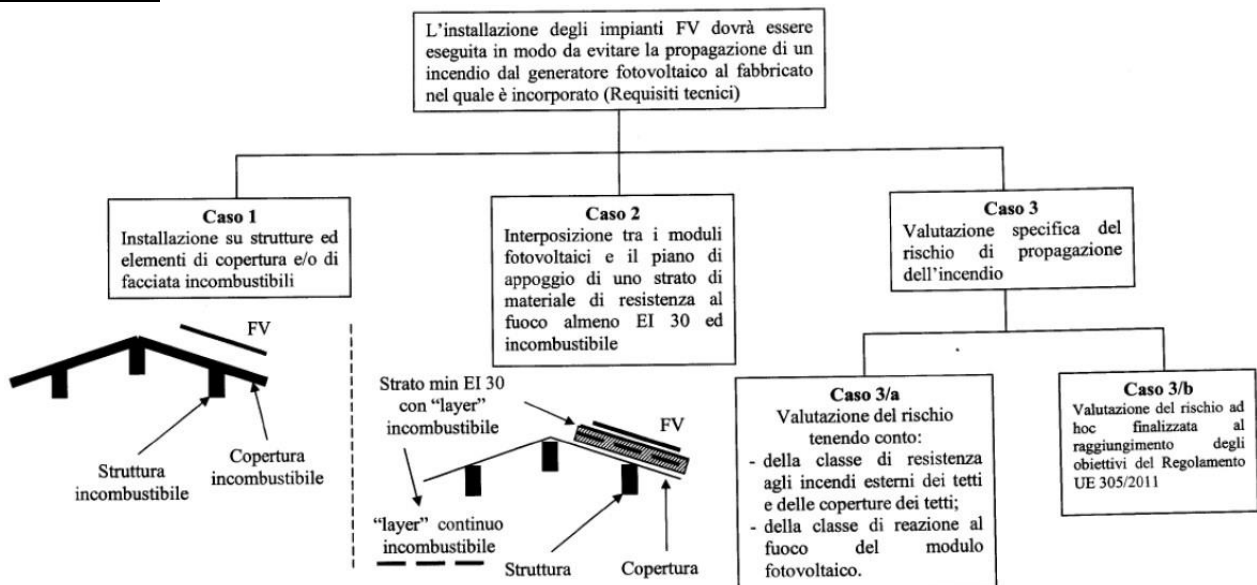
ALLEGATO “A”



E) L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato

Tale condizione è soddisfatta eseguendo una qualsiasi delle possibili opzioni riassunte nell'allegato B.

ALLEGATO “B”



F) Risulta, altresì equivalente l'interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio, di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile (Classe 0 secondo il DM 26 giugno 1984 oppure classe A1 secondo il DM 10 marzo 2005).

Gli strati EI 30 incombustibili possono essere provati con qualsiasi orientamento (in verticale, in orizzontale) e con esposizione al fuoco sulla faccia prospiciente i moduli FV. È sufficiente che sia garantita l'incombustibilità anche di un solo "layer" continuo costituente il pacchetto della strato (vedi allegato B). Uno strato può essere costituito da più "layer". In caso di strato omogeneo, esso coincide con il "layer".

G) In alternativa potrà essere effettuata una specifica valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti (secondo UNI EN 13501-5:2009 classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - parte 5: classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'articolo 2 del DM 10 marzo 2005 recante "classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione" da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.

La classificazione dei tetti e delle coperture di tetti deve far riferimento alle procedure di attestazione della conformità applicabili (marcatura CE) o in assenza di queste a dichiarazione del produttore sulla base di rapporto di prova rilasciato da laboratorio italiano autorizzato ai sensi del decreto del Ministero dell'interno 26 marzo 1985, ovvero altro laboratorio, riconosciuto in uno dei Paesi dell'Unione europea o dei Paesi contraenti l'accordo SEE.

Ai fini della valutazione della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti si fa presente che è stata pubblicata nel febbraio 2012 1a versione UNI CEN /TS 1187 in sostituzione della UNI ENV 1187:2007 citata nella guida tecnica. A titolo informativo si fa presente che nelle decisioni della Commissione europea 2001/671/Ce (GUCE L 235 del 4 settembre 2001) e 2005/823/Ce (GUCE L 307 del 25 novembre 2005) e riportato il sistema di classificazione per la resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti.

*Ai fini della valutazione della classe di reazione al fuoco del Pannello fotovoltaico si fa presente che è stata emanata in data 28 marzo 2012 apposita risoluzione dell'Area V della DCPST - Settore reazione al fuoco, sulle modalità di esecuzione delle prove di reazione al fuoco sui pannelli FV. (La risoluzione prevede che i laboratori emettano apposito certificato di prova nel quale verrà indicato come impiego "PANNELLO FOTOVOLTAICO". **Il certificato di prova è legato al pannello stesso e non al luogo di utilizzo.** Le valutazioni del rischio dovranno essere sottoscritte da tecnici abilitati ed iscritti negli elenchi del Ministero dell'interno.*

H) In ogni caso i moduli, le condutture, gli inverter, i quadri ed altri eventuali apparati non dovranno essere installati nel raggio di 1 m dagli EFC.

Tale indicazione è un utile riferimento anche per lucernari, cupolini e simili, fatta salva la possibilità di

utilizzare la valutazione del rischio oppure di individuare altre soluzioni nel rispetto degli obiettivi di sicurezza del regolamento UE 305/2011.

I) Inoltre, in presenza di elementi verticali di compartimentazione antincendio, posti all'interno dell'attività sottostante al piano di appoggio dell'impianto fotovoltaico, lo stesso dovrà distare almeno 1 m dalla proiezione di tali elementi.

Tale indicazione si ritiene non necessaria nei casi in cui il piano di appoggio sottostante i moduli FV nella fascia indicata dalla guida è costituito da elementi che impediscono la propagazione dell'incendio nell'attività per un tempo compatibile con la classe del compartimento.

L) L'impianto FV dovrà, inoltre, essere provvisto di un dispositivo di comando di emergenza, ubicato in posizione segnalata ed accessibile che determini il sezionamento dell'impianto elettrico, all'interno del compartimento/fabbricato nei confronti delle sorgenti di alimentazione, ivi compreso l'impianto fotovoltaico.

Il dispositivo di emergenza deve essere in grado di sezionare il generatore fotovoltaico in maniera tale da evitare che l'impianto elettrico all'interno del compartimento/fabbricato possa rimanere in tensione ad opera dell'impianto fotovoltaico stesso. Si rimarca che il dispositivo di comando di emergenza deve essere sempre ubicato in posizione segnalata ed accessibile agli operatori di soccorso, mentre per indicazioni relative alla ubicazione del o dei dispositivi di sezionamento del generatore fotovoltaico si rimanda a quanto previsto nelle norme CEI, in particolare nella norma CEI 64-8/7 capitolo 712 e Guida CEI 82/25 paragrafo 7.

M) Le strutture portanti, ai fini del soddisfacimento dei livelli di prestazione contro l'incendio di cui al DM 9 marzo 2007, dovranno essere verificate e documentate tenendo conto delle variate condizioni dei carichi strutturali sulla copertura, dovute alla presenza del generatore fotovoltaico, anche con riferimento al DM 14-1-2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

I riferimenti per l'effettuazione di tali verifiche sono riportati nel capitolo 8 del decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008 e nella relativa circolare esplicativa prot. n. 617 del 2 febbraio 2009.

N) Gli impianti fotovoltaici, posti in funzione prima dell'entrata in vigore della presente guida ed a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi, richiedono, unica-mente, gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'articolo 4 del DPR n. 151 del 1° agosto 2011. In generale per detti impianti dovrà essere previsto tra l'altro:

- la presenza e la funzionalità del dispositivo del comando di emergenza;

- l'applicazione della segnaletica di sicurezza e le verifiche di cui al precedente paragrafo.

Per "impianto fotovoltaico" posto in funzione si intende un impianto che produce energia elettrica.

Per gli impianti fotovoltaici a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi, posti in

funzione dopo l'entrata in vigore del DPR 151/2011 (7 ottobre 2011) e prima dell'entrata in vigore della nota 1324 sono richiesti gli adempimenti previsti al comma 6 dell'articolo 4 del DPR n. 151 del 1° agosto 2011; per detti impianti dovranno essere rispettate le indicazioni contenute nella precedente nota n. 5158 del 26 marzo 2010 con i seguenti ulteriori adempimenti:

- *la presenza e la funzionalità del dispositivo del comando di emergenza;*
- *l'applicazione della segnaletica di sicurezza e le verifiche previste dalla nota 1324.*

Per l'impianto progettato sono state applicate tutte le prescrizioni/indicazioni appena riportate della Guida (cfr. schemi grafici). Si osserva che è stato applicato il punto 3/a dell'allegato "B" che prevede l'analisi del rischio incendio. La guida stessa ed i successivi chiarimenti prevedono che senza procedere all'analisi stessa si ritengono accettabili i seguenti accoppiamenti:

- 1)** Tetti classificati Froof e pannello FV di classe 1 o equivalente di reazione al fuoco;
- 2)** Tetti classificati Broof (T2, T3, T4 secondo UNI CEN/TS 1187:2012) e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco;
- 3)** Strati ultimi di copertura (impermeabilizzazioni o/e pacchetti isolanti) classificati Froof o F installati su coperture EI 30 e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco.

NOTA: Le prestazioni delle coperture vengono classificate con le lettere: dalla "BROOF", che indica la massima possibile, alla "FROOF", che equivale a "nessuna prestazione".

Si è scelta la soluzione "1" precisando che per la REAZIONE AL FUOCO DEI PANNELLI FV viene applicata la Risoluzione dell'Area V della DCPST – settore Reazione al Fuoco del 28 marzo 2012, con le procedure di prova previste dal DM 26/6/84, modificato con DM del 3/9/2001:

- UNI 9176 (Gennaio 1998) metodo D;
- UNI 8457 (Ottobre 1987) con campionatura di prova in posizione verticale senza supporto incombustibile;
- UNI 9174 (Ottobre 1987) con campionatura di prova in posizione verticale senza supporto incombustibile;
- UNI 9177 (Ottobre 1987) relativamente alla classificazione.

Possono classificare i pannelli tutti i laboratori autorizzati ai sensi del DM 26/06/1984.