

Comune di ARGENTA (FE)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE

Potenza = 20,000 kW

Relazione tecnica

Impianto: Impianto La Sapienza – Ampliamento piscine

Committente: LA SAPIENZA SRL

Località: Via Bonetta 8 - San Nicolò - ARGENTA (FE)

Occhiobello (RO), 15/05/2025

Il Tecnico

(Progettista Enrico Ing. Neodo)



A handwritten signature in black ink, reading "Enrico Neodo".

SINTESI ENGINEERING

Progettista Ing. Neodo Enrico

Via Eridania 46 B/C

OCCHIOBELLO (RO)

info@sintesi-eng.com

DATI GENERALI

Ubicazione impianto

Identificativo dell'impianto	Impianto ampliamento La Sapienza
Indirizzo	Via Bonetta 8 - San Nicolò
Comune	ARGENTA (FE)
CAP	44011

Committente

Nome Cognome	Cristiano Bonora
Codice Fiscale	BNRCST70B28D548B
P. IVA	

Indirizzo
Comune
CAP
Telefono
Fax
E-mail

Ruolo	Rappresentante Legale
-------	------------------------------

Ragione Sociale	LA SAPIENZA SRL
Codice Fiscale	01949700387
P. IVA	01949700387

Indirizzo	Via Strada Statale 16 n. 4
Comune	Voghiera (FE)
CAP	44019

Telefono
Fax

E-mail	info@lasapienza.biz
--------	----------------------------

Tecnico

Ragione Sociale	SINTESI ENGINEERING
-----------------	----------------------------

Nome Cognome	Enrico Ing. Neodo
Qualifica	Progettista
Codice Fiscale	NDENRC75B06D548B
P. IVA	01250680293

Indirizzo	Via Eridania 46 B/C
Comune	OCCHIOBELLO (RO)
CAP	45030
Telefono	3289280350
E-mail	info@sintesi-eng.com

PREMESSA

Valenza dell'iniziativa

Con la realizzazione dell'impianto, denominato "Impianto La Sapienza", si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Attenzione per l'ambiente

Risparmio sul combustibile

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	4.19
TEP risparmiate in 20 anni	83.8

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Emissioni evitate in atmosfera

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	443,0	0,525	0,498	0,024
Emissioni evitate in un anno [kg]	9.927,0	11,8	11,2	0,5
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	198.539,9	235,3	223,2	10,8

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL

Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

L'elenco completo delle norme alla base della progettazione è riportato in Appendice A.

SITO DI INSTALLAZIONE

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

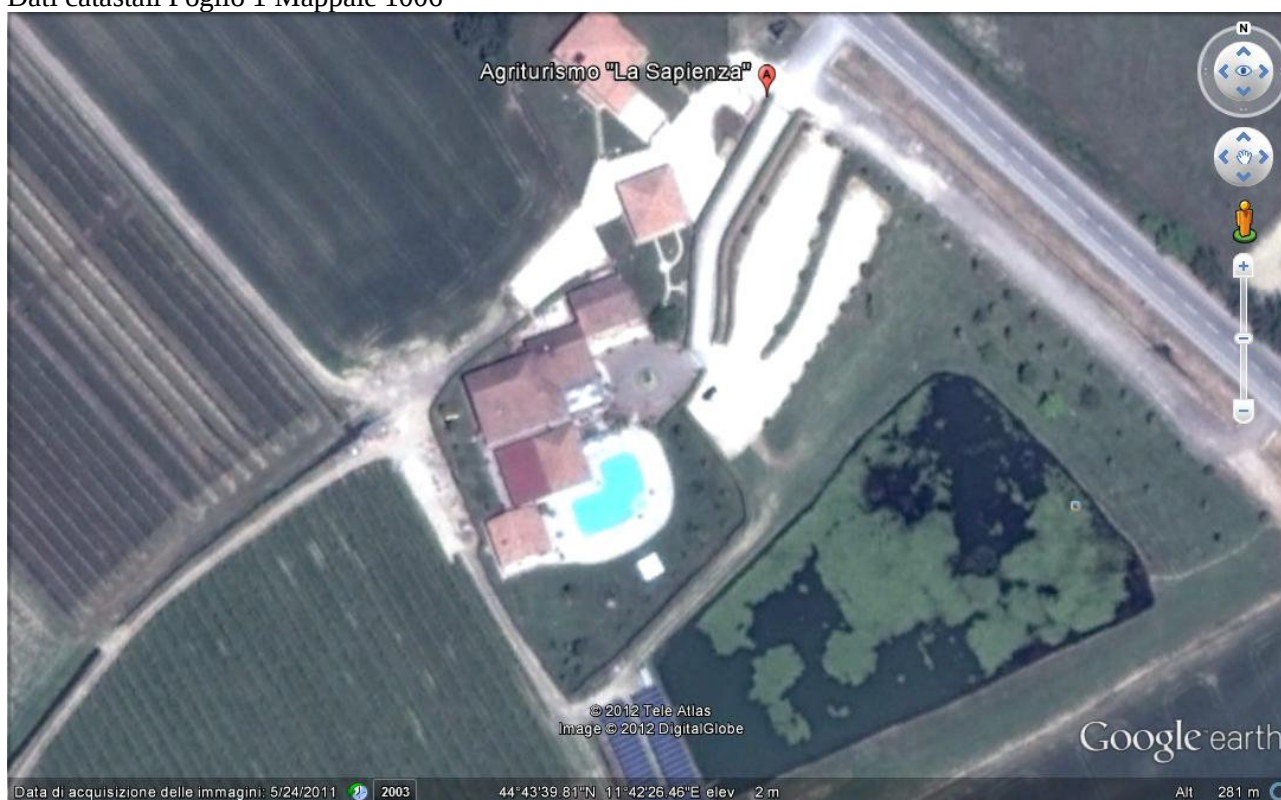
- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico

La descrizione del sito in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è la seguente:

Edifici ad uso ricettivo alberghiero. La struttura è un agriturismo con piscina aperto al pubblico.

Dati catastali Foglio 1 Mappale 1006



Disponibilità della fonte solare

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di ARGENTA (FE) avente latitudine 44.6175°, longitudine 11.8378° e altitudine di 4 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.49	7.38	11.80	17.56	20.99	23.19	24.64	20.15	15.55	10.07	4.91	3.51

Fonte dati: UNI 10349

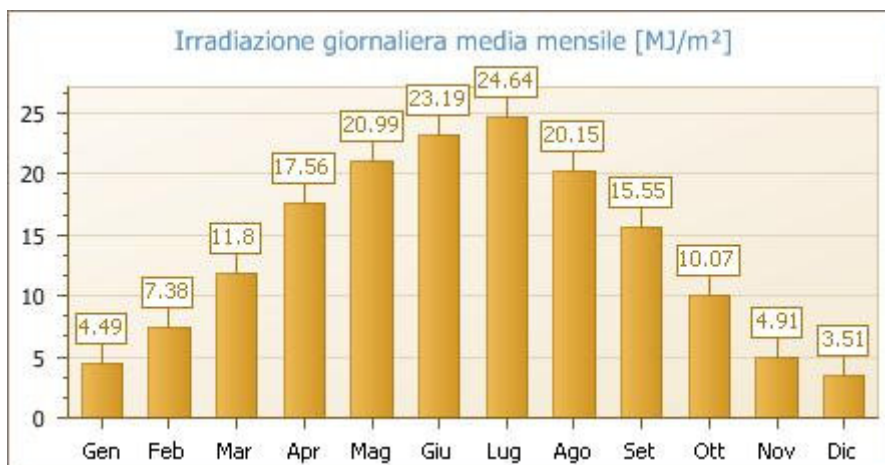


Fig. 1: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]- Fonte dati: UNI 10349

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **5 007.99 MJ/m²** (Fonte dati: UNI 10349).

Non essendoci la disponibilità, per la località sede dell'impianto, di valori diretti si sono stimati gli stessi mediante la procedura della UNI 10349, ovvero, mediante media ponderata rispetto alla latitudine dei valori di irradiazione relativi a due località di riferimento scelte secondo i criteri della vicinanza e dell'appartenenza allo stesso versante geografico.

La località di riferimento N. 1 è FERRARA avente latitudine 44.8419°, longitudine 11.6167° e altitudine di 9 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.60	7.70	10.90	17.40	21.10	22.40	23.90	19.20	15.60	10.70	4.70	3.40

Fonte dati: UNI 10349

La località di riferimento N. 2 è RAVENNA avente latitudine 44.4164°, longitudine 12.2058° e altitudine di 4 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.40	7.10	12.60	17.70	20.90	23.90	25.30	21.00	15.50	9.50	5.10	3.60

Fonte dati: UNI 10349

Fattori morfologici e ambientali

Ombreggiamento

Gli effetti di schermatura da parte di volumi all'orizzonte, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), determinano la riduzione degli apporti solari e il tempo di ritorno dell'investimento.

Il Coefficiente di Ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, è pari a **1.00**.

Di seguito il diagramma solare per il comune di ARGENTA:

DIAGRAMMA SOLARE

ARGENTA (FE) - Lat. 44°.6175 - Long. 11°.8378 - Alt. 4 m

Coeff. di ombreggiamento (da diagramma) 1.00

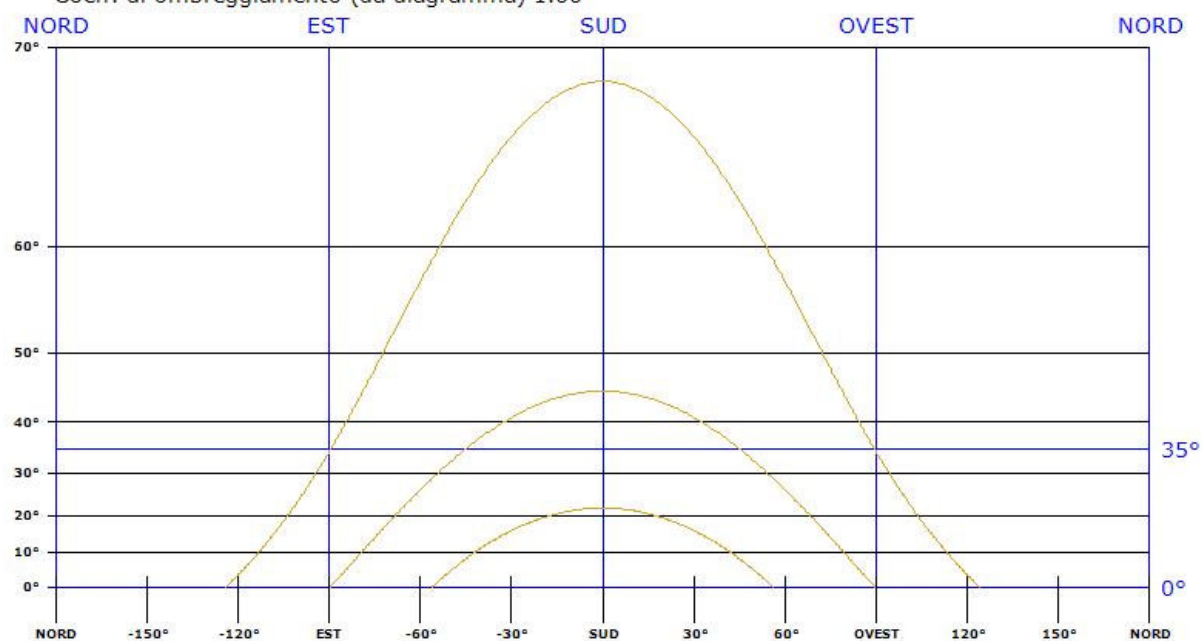


Fig. 2: Diagramma solare

Albedo

Per tener conto del plus di radiazione dovuta alla riflettanza delle superfici della zona in cui è inserito l'impianto, si sono stimati i valori medi mensili di albedo, considerando anche i valori presenti nella norma UNI 8477:

Valori di albedo medio mensile

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

L'albedo medio annuo è pari a **0.20**.

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Procedure di calcolo

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.
- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (50 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 50 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA

Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento compreso tra il 70 % e 120 %.

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).



Impianto *Ampliamento La Sapienza*

L'impianto, denominato "Ampliamento La Sapienza" (codice POD IT001E51181770), è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in bassa tensione.

Ha una potenza totale pari a **20,000 kW** e una produzione di energia annua pari a **22.408 kWh** (equivalente a **1.120,40 kWh/kW**), derivante da 40 moduli che occupano una superficie di 90,4 m², ed è composto da 2 generatori.

Scheda tecnica dell'impianto

Dati generali	
Committente	LA SAPIENZA SRL
Indirizzo	Via Bonetta 8 - San Nicolò
CAP Comune (Provincia)	44011 ARGENTA (FE)
Latitudine	44.73°
Longitudine	11.71°
Altitudine	4 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	5 007.99 MJ/m²
Coefficiente di ombreggiamento	1.00

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	90,4 m²
Numero totale moduli	40
Numero totale inverter	2
Energia totale annua	22.408 kWh
Potenza totale	20,000 kW
Potenza fase L1	6,666 kW
Potenza fase L2	6,666 kW
Potenza fase L3	6,666 kW
Energia per kW	1.120,40 kWh/kW
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **22.408 kWh**.

Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:

Energia prodotta dal sistema FV fisso

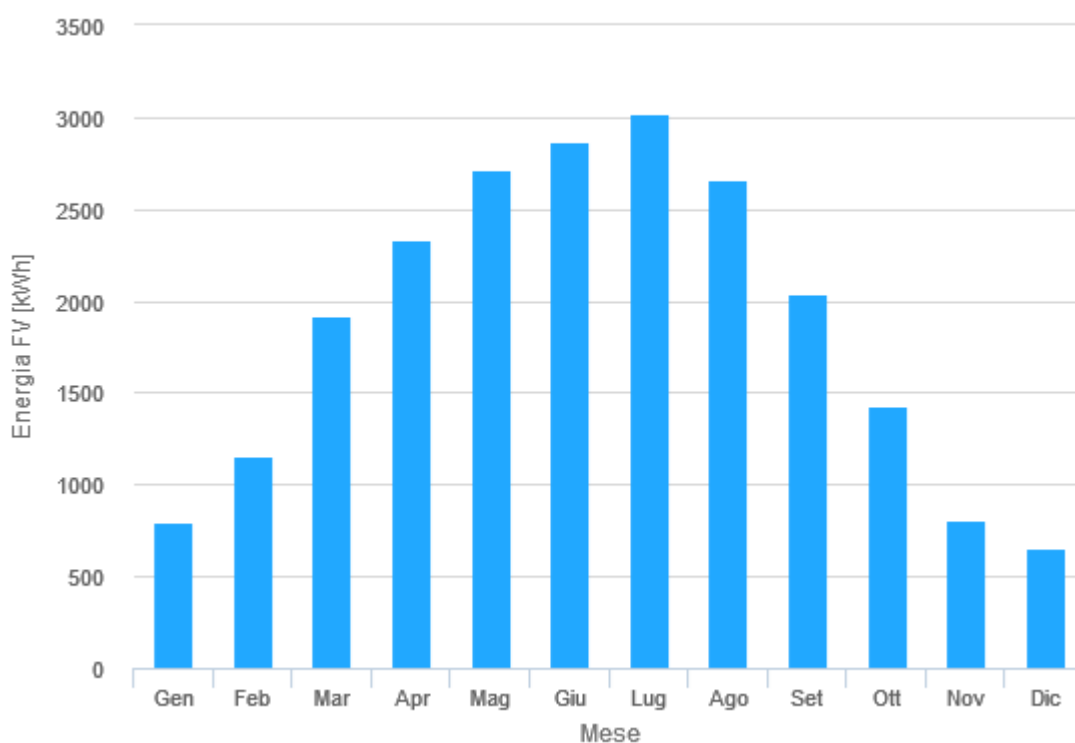


Fig. 3: Energia mensile prodotta dall'impianto

Specifiche degli altri componenti dell'impianto *Ampliamento La Sapienza*

Posizionamento dei moduli

I moduli vengono posizionati sulle coperture degli edifici e manufatti.

La tipologia scelta per la realizzazione delle strutture di sostegno è del tipo integrato o parzialmente integrato, con piano dei moduli complanare e aderente alle falde di copertura.

Cablaggio elettrico

I collegamenti elettrici sono riportati nello schema elettrico allegato e sono stati realizzati con procedure esecutive e di controllo che ne assicurano la perfetta funzionalità nel tempo, quali:

Tutti i cavi, compresi i cavi di terra ed i cavi di segnale, sono del tipo non propagante l'incendio, installati in tubi protettivi o canali con grado di protezione minimo IP4X; in particolare i cavi di energia sono a doppio isolamento del tipo FG7R 0.6-1kV. Il rivestimento esterno è in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7.

I cavi di collegamento lato CC sono cavi specifici dotati di isolamento con reticolazione ad e-beam e guaina, elevata resistenza al calore, basse temperature, olio, abrasione, raggi UV ed intemperie.

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

Impianto di messa a terra

Il conduttore di protezione, collegato alle strutture di fissaggio dei moduli fotovoltaici, ha sezione pari a 10 mmq.

A valle degli scaricatori di sovratensione, la sezione del conduttore di protezione è di 16 mmq, al fine di assicurare il corretto funzionamento di questi dispositivi.

La colorazione delle guaine dei conduttori di protezione è giallo-verde.

Protezioni

Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale.

Nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente si è già tenuto conto di tali valori, attribuibili a I_n e I_f . In tal modo, pertanto, anche la protezione contro il corto circuito risulta assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico posto a valle di ciascun inverter agisce da rincalzo all'azione del dispositivo di protezione interno all'inverter stesso.

Misure di protezione contro i contatti diretti

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- Utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- Utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- Collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo) idoneo allo scopo.

Misure di protezione contro i contatti indiretti e coordinamento delle protezioni

a) Sistema in corrente alternata

Gli inverter e quanto contenuto nel quadro elettrico c.a. sono collegati all'impianto elettrico dell'edificio e pertanto fanno parte del sistema elettrico TT di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è, in questo caso, assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;
- realizzazione dell'impianto di terra secondo le prescrizioni delle norme CEI 64-8;
- protezione di tutti i circuiti mediante interruttore automatico differenziale.

b) Sistema in corrente continua

La presenza del trasformatore di isolamento tra sezione c.c. e sezione c.a. negli inverter consente di classificare come IT il sistema in corrente continua costituito dalle serie di moduli fotovoltaici, dagli scaricatori di sovratensione e dai loro collegamenti agli inverter.

PROTEZIONE DI RETE	
<i>Dispositivo di interfaccia</i>	
Dispositivo	Esterno inverter
Descrizione	Contattore 4 poli
<i>Dispositivo generale</i>	
Dispositivo	Interruttore automatico
Descrizione	Interruttore generale utenza esistente 4 poli 160A

Note

Misure di protezione sul collegamento alla rete pubblica

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete autoproduttore che della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 0-21 vigente, con riferimento anche a quanto contenuto nei documenti di unificazione Enel DK5950, DV1604 e DV604. L'impianto risulta pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su tre livelli: dispositivo

del generatore, dispositivo di interfaccia, dispositivo generale.

Dispositivo generatore: l'inverter è internamente protetto contro il corto circuito ed il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete pubblica.

Dispositivo di interfaccia: il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto alla rete elettrica. Il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avviene considerando come anormali le condizioni di funzionamento esterne ad una determinata finestra di tensione e frequenza su ogni fase così caratterizzata, in conformità alla norma CEI 0-21 ed.2022 e V2:2024, ovvero:

- protezione di massima tensione seconda soglia 59.S2
- protezione di massima tensione prima soglia 59.S1 in media mobile su 10min.
- protezione di minima tensione prima soglia 27.S1
- protezione di minima tensione seconda soglia 27.S2
- protezione di massima frequenza prima soglia 81>.S1
- protezione di massima frequenza seconda soglia 81>.S2
- protezione di minima frequenza prima soglia 81<.S1
- protezione di minima frequenza seconda soglia 81<.S2
- telescatto

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, deve essere assolutamente evitato, soprattutto perché può tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e riparazione guasti.

Il dispositivo di interfaccia è esterno agli inverter, in quadro elettrico di interfaccia, asservito a Sistema di Protezione Interfaccia SPI conforme a norma tecnica vigente CEI0-21.

Dispositivo generale: il dispositivo generale ha la funzione di proteggere il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione fotovoltaica. Per i piccoli impianti è sufficiente la protezione contro il corto circuito ed il sovraccarico. Poiché l'impianto elettrico del fabbricato non risulta essere, nel suo complesso, un impianto esclusivamente dedicato all'autoproduzione ma, in qualche occasione può essere che l'energia fotovoltaica venga convogliata verso la rete pubblica, risulta accettabile che il dispositivo generale sia ubicato immediatamente a monte del montante fotovoltaico e costituito da un interruttore posto nel quadro di distribuzione al quale il montante fotovoltaico fa capo.

Protezione contro le scariche atmosferiche

Fulminazione diretta: l'impianto fotovoltaico è influente sulla forma o volumetria del fabbricato è pertanto non incide sulla probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

Fulminazione indiretta: una scarica in prossimità dell'impianto può provocare un concatenamento di flusso magnetico fra la corrente di fulminazione e i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in entrata in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare, gli inverter. I morsetti degli inverter risultano protetti internamente con appositi varistori a pastiglia, di categoria D. Inoltre sono previsti scaricatori di tensione per la sezione C.C. a monte degli inverter.

Riepilogo potenze per fase			
Generatore / sottoimpianto	L1	L2	L3
Generatore1 tetti a falda	3.333 kW	3.333 kW	3.333 kW
Generatore2 tettoia	3.333 kW	3.333 kW	3.333 kW
Totale	6.666 kW	6.666 kW	6.666 kW

La differenza fra la potenza installata sulla fase con più generazione e quella con meno generazione risulta pari a: 0 kW.

Generatore1

Il generatore, denominato “Generatore1 tetti a falde”, ha una potenza pari a **11,0 kWp** e una produzione di energia annua pari a **12.911,14 kWh**, derivante da 22 moduli con una superficie totale dei moduli di 49,72 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	17°
Orientazione dei moduli (Azimut)	+60°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1.585,69 kWh/m²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale utilizzata	49,72 m²
Potenza totale	11,0 kW
Energia totale annua	12.911,14 kWh

Modulo	
Marca – Modello	DMEGC
Numero totale moduli	22
Numero di stringhe per ogni inverter	2
Numero di moduli per ogni stringa	11
Superficie totale moduli	49,72 m²

Inverter	
Marca – Modello	HUAWEI SUN2000-10KTL
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	98,1 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Analisi delle protezioni

PROTEZIONI IN CA	
<i>Protezione uscita inverter</i>	
Dispositivo Interruttore automatico	
SPD uscita inverter: Non presente	

Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (50 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
V _m a 50 °C (388,37 V) maggiore di V _{mppt} min. (140 V)	VERIFICATO
V _m a -10 °C (450,51 V) minore di V _{mppt} max. (980 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
V _{oc} a -10 °C (534,72 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1100 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
V _{oc} a -10 °C (534,72 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (26,6 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (27,0 A)	VERIFICATO

Generatore2

Il generatore, denominato “Generatore2 tettoia”, ha una potenza pari a **9,0 kW_p** e una produzione di energia annua pari a **9497,43 kWh**, derivante da 18 moduli con una superficie totale dei moduli di 40,68 m².
Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	5°
Orientazione dei moduli (Azimut)	+60°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 533,66 kWh/m²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale utilizzata	40,68 m²
Potenza totale	9,0 kW
Energia totale annua	9497,43 kWh

Modulo	
Marca – Modello	DMEGC
Numero totale moduli	18
Numero di stringhe per ogni inverter	1
Numero di moduli per ogni stringa	18
Superficie totale moduli	40,68 m²

Inverter	
Marca – Modello	HUAWEI SUN2000-10KTL
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	98,1 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Analisi delle protezioni

PROTEZIONI IN CA	
Protezione uscita inverter	
Dispositivo Interruttore automatico	
SPD uscita inverter: Non presente	

Verifiche elettriche

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (50 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
V _m a 50 °C (635,51 V) maggiore di V _{mppt} min. (140 V)	VERIFICATO
V _m a -10 °C (737,19 V) minore di V _{mppt} max. (980 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
V _{oc} a -10 °C (875,00 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1100 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
V _{oc} a -10 °C (875,00 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (13,3 A) inferiore alla corrente max. dell'inverter (27,0 A)	VERIFICATO

APPENDICE A

Gli impianti fotovoltaici e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica e le prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF.

Leggi e decreti

Normativa generale:

Decreto Legislativo n. 504 del 26-10-1995, aggiornato 1-06-2007

Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative.

Direttiva CE n. 77 del 27-09-2001: sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato dell'elettricità (2001/77/CE).

Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003: attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

Legge n. 239 del 23-08-2004: riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.

Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005: attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 311 del 29-12-2006: disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 26 del 2-02-2007: attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità.

Decreto Legge n. 73 del 18-06-2007: testo coordinato del Decreto Legge 18 giugno 2007, n. 73.

Decreto Legislativo del 30-05-2008: attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

Decreto 2-03-2009: disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Legge n.99 del 23 luglio 2009: disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia.

Sicurezza:

D.Lgs. 81/2008 (testo unico della sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

DM 37/2008: sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

Norme Tecniche

CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.

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 11-20: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI EN 60904-1(CEI 82-1): dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.

CEI EN 61727 (CEI 82-9): sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete.

CEI EN 61215 (CEI 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 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

CEI 82-25: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.

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

CEI 82-25 Edizione seconda: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $I_n = 16$ A per fase).

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.

CEI EN 60439 (CEI 17-13): apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

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-UNEL 35023: cavi per energia isolati in gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4 Cadute di tensione.

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 EN 61724 (CEI 82-15): rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.

CEI 13-4: sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).

EN 50470-1 ed EN 50470-3 in corso di recepimento nazionale presso CEI.

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).

CEI 64-8, parte 7, sezione 712: sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione.

CEI 3-19: segni grafici per schemi - apparecchiature e dispositivi di comando e protezione.

UNI 10349: riscaldamento e raffreddamento degli edifici. Dati climatici.

CEI 20-14, CEI 20-20 e CEI 20-22 per i cavi isolati in PVC e non propaganti in incendio;

CEI 17-5 per gli interruttori automatici di bassa tensione;

CEI 23-3 per gli interruttori automatici per gli impianti domestici e similari;

CEI 23-50 per le prese a spina per usi domestici e similari;

CEI 23-39 per i sistemi di tubi e accessori;

CEI 23-9 per gli apparecchi di comando non automatici per uso domestico e similare;

CEI 23-12 per le prese a spina per uso industriale;

CEI 23-42 e 23-44 per gli interruttori differenziali puri e per gli interruttori magnetotermici differenziali per usi domestici e similari;

CEI 23-31 per i sistemi di canali metallici e i loro accessori a uso portatavi e porta apparecchi (canaline metalliche);

CEI 34-21 per gli apparecchi di illuminazione.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

APPENDICE B

Moduli utilizzati

DATI GENERALI

Codice	
Marca	DMEGC
Modello	DM500M10RT-B60HBT
Tipo materiale	Si monocristallino Tipo N Bifacciale

CARATTERISTICHE ELETTRICHE IN CONDIZIONI STC

Potenza di picco [W]	500.0 W
Im [A]	13.30
Isc [A]	14.22
Efficienza [%]	22.6
Vm [V]	37.66
Voc [V]	44.70

ALTRE CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Coeff. Termico Voc [V/°C]	-0.25
Coeff. Termico Isc [%/°C]	0.048
NOCT [°C]	42 +/-2
Vmax [V]	1 500

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Lunghezza [mm]	1 950
Larghezza [mm]	1 134
Superficie [m ²]	2.211
Spessore [mm]	30
Peso [kg]	26,8
Numero celle	120

CERTIFICAZIONI

Certificazione Iec En	IEC 61215, IEC 61730
Certificazione Classe II	Classe di protezione II
Altre certificazioni	CE

GARANZIE

Garanzia prodotto	25 anni di garanzia sul prodotto per difetti di costruzione e sui materiali
Garanzia prestazioni	La potenza viene garantita per 30 anni con decadimento lineare (87.4% al 30mo anno)

APPENDICE C

Inverter utilizzati

DATI GENERALI

Codice	
Marca	HUAWEI
Modello	SUN2000-10KTL
Tipo fase	Trifase
Prezzo [€]	

PARAMETRI ELETTRICI IN INGRESSO

VMppt min [V]	140
VMppt max [V]	980
Imax [A]	2 x 13.5
Vmax [V]	1 500
potenza MAX [W]	15 000
Numero MPPT	2

PARAMETRI ELETTRICI IN USCITA

Potenza nominale [W]	10 000
Tensione nominale [V]	400
Rendimento max [%]	98.6
Distorsione corrente [%]	Max 3
Frequenza [Hz]	50
Rendimento europeo [%]	98.1

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Dimensioni LxPxH [mm]	525 x 470 x 146.5
Peso [kg]	17

CERTIFICAZIONI

Certificazioni	CEI 0-21, EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC62116
----------------	---

GARANZIE

Garanzia prodotto	10 anni
-------------------	----------------

INDICE

DATI GENERALI	2
Ubicazione impianto	2
Committente	2
Tecnico	2
PREMESSA	3
Valenza dell'iniziativa	3
Attenzione per l'ambiente	3
Risparmio sul combustibile	3
Emissioni evitate in atmosfera	3
Normativa di riferimento	3
SITO DI INSTALLAZIONE	4
Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico	4
Disponibilità della fonte solare	4
Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale	4
Fattori morfologici e ambientali	5
Ombreggiamento	5
Albedo	6
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	7
Procedure di calcolo	7
Criterio generale di progetto	7
Criterio di stima dell'energia prodotta	7
Criterio di verifica elettrica	7
Impianto <i>Ampliamento La Sapienza</i>	9
Scheda tecnica dell'impianto	9
Energia prodotta	9
Specifiche degli altri componenti dell'impianto <i>Ampliamento La Sapienza</i>	10
Posizionamento dei moduli	10
Cablaggio elettrico	10
Impianto di messa a terra	10
Protezioni	11
Note	11
<i>Generatore1</i>	13
Scheda tecnica	13
Analisi delle protezioni	13
Verifiche elettriche	13
<i>Generatore2</i>	14
Scheda tecnica	14
Analisi delle protezioni	15
Verifiche elettriche	15
APPENDICE A	16
Leggi e decreti	16
Norme Tecniche	16
APPENDICE B	18
Moduli utilizzati	18
APPENDICE C	19

Inverter utilizzati	19
INDICE	20