



REGIONE PUGLIA

Comune di Canosa di Puglia (BT)



PROGETTO DEFINITIVO

Impianto agrovoltaico per la produzione di energia elettrica tramite la tecnologia solare fotovoltaica della potenza di picco di 18,12 MWp e di produzione agricola della lavanda, olivi e foraggiere, da realizzarsi sulla stessa superficie di circa 28 ha nel Comune di Canosa di Puglia (BT) e con potenza di immissione alla rete Enel "CP Lamalunga" pari a 17,69 MW presente nel Comune di Minervino Murge (BT)

TITOLO

Stima di Produzione dell'impianto FV

PROGETTAZIONE

PROPONENTE



SR International S.r.l.
C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106
C.F e P.IVA 13457211004



DS ITALIA 5 SRL

DS Italia 5 S.r.l.
Con sede legale a Roma (RM)
Piazza del Popolo, 18 - 00187
C.F. e P.IVA 15946581004

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	01/12/2021	Lauretti	Bartolazzi	DS Italia 5 S.r.l.	Stima di produzione

N° DOCUMENTO

DVP-CNS-RP

SCALA

--

FORMATO

A4

INDICE

INDICE DELLE FIGURE.....	2
INDICE DELLE TABELLE	2
1. LOCALIZZAZIONE SITO	3
2. POTENZA DELL'IMPIANTO ED ENERGIA PRODUCIBILE	3
2.1 Criterio progettuale	3
2.2 Irraggiamento solare	4
2.3 Perdite nell'impianto FV	5
2.4 Software di simulazione PVSYST	6
2.5 Energia prodotta dall'impianto	7
3. RISPARMIO DI COMBUSTIBILE ED EMISSIONI EVITATE IN ATMOSFERA	13
3.1 Risparmio di combustibile	14
3.2 Emissioni evitate in atmosfera	14

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Radiazione incidente e dati meteo nell'area d'impianto 5

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Riepilogo dei dati di impianto.....14

Tabella 2 - Risparmio di combustibile in TEP14

Tabella 3 - Emissioni evitate in atmosfera15

1. LOCALIZZAZIONE SITO

Il sito, ove si prevede di realizzare l'impianto fotovoltaico denominato "Canosa", è localizzato nella regione Puglia, in provincia di Barletta-Andria-Trani (BT), all'interno del territorio comunale di Canosa di Puglia. Le aree previste per la realizzazione dell'impianto, di tutte le opere necessarie alla connessione alla rete e delle infrastrutture per la produzione di energia elettrica, sono situate a circa 14,0 km in linea d'aria a Sud-Ovest rispetto al Comune di Canosa di Puglia (BT), a circa 12,0 km a Nord-Ovest del Comune di Minervino Murge (BT). L'impianto inoltre, dista in linea d'aria circa 2,0 km dalla Cabina Primaria "Lamalunga", ubicata nel Comune di Minervino Murge (BT).

2. POTENZA DELL'IMPIANTO ED ENERGIA PRODUCIBILE

2.1 Criterio progettuale

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 (per moduli posizionati su strutture fisse al suolo) ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, possono comunque essere 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, quanto più il fenomeno è amplificato.

Il generatore fotovoltaico in progetto sarà costituito da un totale di 32.946 moduli fotovoltaici monocristallini bifacciali di potenza nominale pari a 550 Wp, installati su strutture ad inseguimento solare, aventi l'asse di rotazione in direzione Nord-Sud.

Le caratteristiche tecniche e realizzative del lotto d'impianti è riportato nella tabella seguente:

		N. Inverter	N. Stringhe per Inverter	N. stringhe	N. moduli	Potenza Sottocampo [kW]	Potenza Totale [MW]	Cabine di trasformazione	Cabine consegna
Impianto 1	sottocampo 1	7	11 str per 4 inv 10 str per 3 inv	74	2516	1383,8	6,096	CT1B	CC1
	sottocampo 2	8	11 str per 4 inv 10 str per 4 inv	84	2856	1570,8			
	sottocampo 3	8	11 str per 4 inv 10 str per 4 inv	84	2856	1570,8		CT1A	
	sottocampo 4	8	11 str per 4 inv 10 str per 4 inv	84	2856	1570,8			
Impianto 2	sottocampo 1	8	11 str per 4 inv 10 str per 4 inv	84	2856	1570,8	5,853	CT2A	CC2
	sottocampo 2	7	11 str per 3 inv 10 str per 4 inv	73	2482	1365,1			
	sottocampo 3	8	11 str per 3 inv 10 str per 5 inv	83	2822	1552,1		CT2B	
	sottocampo 4	7	11 str per 3 inv 10 str per 4 inv	73	2482	1365,1			
Impianto 3	sottocampo 1	8	11 str per 5 inv 10 str per 3 inv	85	2890	1589,5	6,171	CT3A	CC3
	sottocampo 2	8	11 str per 5 inv 10 str per 3 inv	85	2890	1589,5			
	sottocampo 3	8	11 str per 5 inv 10 str per 3 inv	85	2890	1589,5		CT3B	
	sottocampo 4	7	11 str per 5 inv 10 str per 2 inv	75	2550	1402,5			
TOTALE		92		TOTALE	TOTALE	MW	TOTALE	TOTALE	TOTALE
				969	32946	18,1203	18,12	6	4

Nel calcolo dell'energia prodotta dall'impianto FV mediante l'utilizzo del software PVSYST, si è considerato un unico impianto data la vicinanza delle tre aree tra di loro. Le variabili da considerare per ottenere un risultato affidabile e rispondente alla realtà, sono sia i valori climatici relativi all'area d'impianto (irraggiamento, umidità, temperatura, ecc..) l'efficienza dei moduli fotovoltaici, il rendimento di tutti i componenti elettrici facenti parte del sistema e l'ombreggiamento.

2.2 Irraggiamento solare

Come già specificato, ai fini del calcolo della produzione di energia elettrica attesa sarà essenziale definire le condizioni di irraggiamento del sito di installazione. Secondo quanto previsto dalla normativa si calcolerà dunque l'entità della radiazione annua nella nell'area dell'impianto fotovoltaico.

Si riportano di seguito i valori medi mensili dell'irraggiamento solare sull'area d'impianto nel Comune di Canosa di Puglia (BT) nei diversi mesi dell'anno.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Gennaio	59.5	23.45	7.60	78.6	72.8	1359	1318	0.925
Febbraio	72.6	34.69	7.82	93.2	86.9	1626	1575	0.932
Marzo	117.8	53.22	11.03	149.1	140.2	2577	2486	0.920
Aprile	154.2	65.75	13.76	194.3	183.7	3327	3199	0.909
Maggio	197.3	68.63	19.43	255.0	242.6	4223	4048	0.876
Giugno	206.0	86.56	23.27	258.1	243.9	4252	4082	0.873
Luglio	223.9	74.46	26.38	289.3	274.5	4683	4490	0.856
Agosto	193.8	71.13	25.91	249.6	236.5	4068	3905	0.863
Settembre	139.1	51.84	20.65	179.7	169.9	2990	2878	0.884
Ottobre	105.6	42.48	17.29	136.6	127.9	2304	2227	0.899
Novembre	65.7	28.83	12.31	85.7	79.4	1463	1420	0.914
Dicembre	51.9	25.88	9.01	66.5	61.1	1145	1113	0.923
Anno	1587.4	626.93	16.26	2035.9	1919.3	34017	32740	0.888

Legenda: GlobHor	Irraggiamento orizz. globale	GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	EArray	Energia effettiva in uscita campo
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energia iniettata nella rete
GlobInc	Globale incidente piano coll.	PR	Indice di rendimento

Figura 1 - Radiazione incidente e dati meteo nell'area d'impianto

Come si può evincere dall'osservazione della Figura 1, considerando dunque i dati mensili riportati, l'irraggiamento annuale nell'area di progetto risulta essere pari a circa 1.587,4 kWh/m² anno.

2.3 Perdite nell'impianto FV

Come già accennato, nel calcolo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico bisogna tenere in considerazione, oltre all'irraggiamento annuo dell'area, anche del rendimento dei componenti elettrici del sistema, l'efficienza dei moduli fotovoltaici e l'ombreggiamento.

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 e angolo di orientazione;
- 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:

- Perdite per riflessione.
- Perdite per ombreggiamento.

- Perdite per mismatching.
- Perdite per effetto della temperatura.
- Perdite nei circuiti in continua.
- Perdite negli inverter.
- Perdite nei circuiti in alternata.

L'efficienza nominale del modulo fotovoltaico (η) è data dal rapporto tra la potenza nominale (espressa in kW) e la superficie del modulo (espressa in mq). Nel caso in questione, per il modulo ipotizzato si ottiene:

$$\eta = P_{nom} / S_{mod} = 100 \times (0,6 \text{ kW} / (2,172 \text{ m} \times 1,303 \text{ m})) = 21,2\%$$

Per valutare l'energia producibile e la potenza disponibile in corrente alternata occorre tener conto delle perdite che si possono generare nel sistema e che nel dettaglio sono rappresentate da:

In termini di rendimenti di sistema il Decreto del Ministero delle Attività Produttive n. 181 del 05/08/2005 impone che un impianto di produzione di energia posseda i seguenti requisiti di efficienza energetica:

- Una potenza lato CC superiore all'85% (η_{cc}) della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle specifiche condizioni di irraggiamento.
- Una potenza attiva lato AC superiore al 90% (η_{ac}) della potenza lato CC (efficienza del gruppo di conversione).

Secondo quanto esposto si avrà pertanto una potenza attiva lato AC superiore al 76.5% (85% x 90%) della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle condizioni standard di irraggiamento pari a 1000 W/m² a 25°C. Si riportano di seguito i risultati di produzione dell'energia elettrica annua dell'impianto fotovoltaico ed il numero di ore equivalenti di funzionamento, per i vari sottocampi, ottenuti dalle simulazioni con il software PVSYST.

2.4 Software di simulazione PVSYST

Come accennato in precedenza, PVSyst è tra i più potenti strumenti software per la simulazione di sistemi FV connessi direttamente in rete e stand-alone. È stato sviluppato dal Center of Energy dell'Università di Ginevra, in Svizzera. Nella modalità di ingegneria (progettazione dell'impianto FV), PVSyst consente una definizione molto dettagliata dell'impianto fotovoltaico, comprese geometrie speciali, come oggetti ombreggiati o sistemi di tracciamento. PVSyst contiene un enorme database di proprietà tecniche ed elettriche dei componenti FV più comuni (moduli, inverter) disponibili sul mercato. SR International utilizza la versione 6.8.6 (più recente) del software.

In sintesi, il software mostra le seguenti principali caratteristiche e prestazioni:

- Calcoli basati su dati orari;
- Database di moduli fotovoltaici, inverter e meteo;
- Possibilità di definire nuovi modelli di modulo, inverter e dati meteo;
- Possibilità di scelta di ogni tipologia di modulo (mono, multi, film sottile) con le sue proprietà specifiche;

- Calcolo delle proprietà delle celle (RShum, RS. TM ») e del loro impatto sulla produzione dell'impianto FV;
- Calcolo di impianti con moduli multistringa;
- Monitoraggio delle prestazioni a di moduli fotovoltaici e inverter;
- Perdite di ombreggiamento dovute all'orizzonte e di altri oggetti vicini (edifici, alberi, ecc.);
- Calcolo delle perdite nel cablaggio dell'array (fino al trasformatore);
- Modellizzazione dinamica della temperatura e dati meteo, calcolo delle perdite di temperatura;
- Studio dei sistemi ad inseguimento solare (2 assi, 1 asse).

2.5 Energia prodotta dall'impianto

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative dell'analisi della producibilità relative all'impianto fotovoltaico nel suo complesso che utilizza moduli bifacciali da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, mediante il software PVSYST.

- a pagina 7 e 8 sono riportati i dati tecnici dell'impianto e l'ubicazione del sito d'installazione;
- a pagina 9 sono riportati i risultati della produzione annua di energia elettrica e i valori ambientali del sito in esame;
- a pagina 10 sono riportati i grafici dell'energia elettrica immessa in rete;
- a pagina 11 è raffigurato il diagramma delle perdite annue dell'impianto FV.

PVSYST V6.86	SR international (Italy)		22/11/21	Pagina 1/5
Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione				
Progetto : Canosa				
Luogo geografico		Canosa	Paese Italia	
Ubicazione		Latitudine 41.13° N	Longitudine 15.94° E	
Ora definita come		Ora legale Fuso orario TU+2	Altitudine 135 m	
Dati meteo:		Canosa	Meteonorm 7.2 (1986-2005), Sat=100% - Sintetico	
Variante di simulazione : 550 bif risen_ok				
		Data di simulazione	22/11/21 12h26	
Parametri di simulazione				
		Tipo di sistema	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Assi inseguimento orizzontali		Modelli semplificati, illimitati	50 Riche inseguitori	Azimut asse 0°
Limitazioni di rotazione		Phi min. -55°	Phi max. 55°	
		Tracking algorithm	Irradiance optimization	
Strategia Backtracking		N. di eliostati	50 Eliostati illimitati	
Banda inattiva		Distanza eliostati	Larghezza collettori	2.39 m
Angolo limite indetreggiamento		Sinistra 0.02 m	Destra 0.02 m	
		Limiti phi	+/- 60° Fattore di occupazione (GCR) 47.8 %	
Modelli utilizzati		Trasposizione	Perez	Diffuso Perez, Meteonorm
Orizzonte		Orizzonte libero		
Ombre vicine		Senza ombre		
Sistema a moduli bifacciali		Modello	Unlimited trackers, 2D calculation	
		Distanza eliostati	ampiezza eliostati	2.43 m
		Tracking limit angle	55° GCR 48.6 %	
		Albedo dal suolo	30.0 % Axis height above ground 1.60 m	
Fattore di ripartizione delle faccie associato al modulo FV		70 % di ombreggiamento posteriore 5.0 %		
Trasparenza del modul FV		0.0 % perdite per Mismatch posteriori 10.0 %		
Bisogni dell'utente :		Carico illimitato (rete)		
Caratteristiche campo FV				
Modulo FV		Si-mono	Modello RSM110-8-550B	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Risen Energy Co., Ltd	
Numero di moduli FV		In serie	34 moduli	In parallelo 969 stringhe
Numero totale di moduli FV		N. di moduli	32946	Potenza nom. unit. 550 Wp
Potenza globale campo		Nominale (STC)	18120 kWp	In cond. di funz. 16585 kWp (50°C)
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)		U mpp	989 V	I mpp 16776 A
Superficie totale		Superficie modulo	86083 m²	Superficie cella 85528 m²
Inverter		Modello	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126	
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Huawei Technologies	
Caratteristiche		Tensione di funzionamento	500-1500 V	Potenza nom. unit. 200 kWac
				Potenza max. (=>33°C) 215 kWac
Gruppo di inverter		N. di inverter	92 unità	Potenza totale 18400 kWac
				Rapporto Pnom 0.98
Fattori di perdita campo FV				
Perdite per sporco campo			Fraz. perdite	1.0 %
Fatt. di perdita termica		Uc (cost) 29.0 W/m²K	Uv (vento)	0.0 W/m²K / m/s

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

Perdita ohmica di cablaggio	Res. globale campo 2.1 mOhm	Fraz. perdite 3.3 % a STC
LID - Light Induced Degradation		Fraz. perdite 0.5 %
Perdita di qualità moduli		Fraz. perdite -0.8 %
Perdite per "mismatch" moduli		Fraz. perdite 1.0 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe		Fraz. perdite 0.10 %
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente		

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.992	0.972	0.950	0.904	0.857	0.762	0.476	0.000

Fattori di perdita sistema

perdita AC dal trafo all'immissione	Tensione rete 20 kV	Fraz. perdite 0.3 % a STC
	Conduttori: 3x500.0 mm ² 1786 m	Fraz. perdite 0.1 % a STC
Trasformatore esterno	Perdita ferro (scoll. di notte) 17870 W	Fraz. perdite 0.5 % a STC
	Perdite resistive/induttive 111.9 mOhm	

PVSYST V6.86 SR international (Italy) 22/11/21 Pagina 3/5

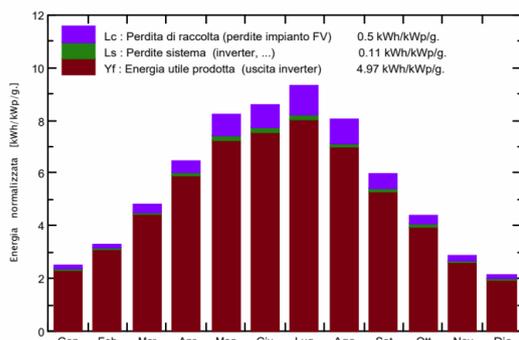
Sistema connesso in rete: Risultati principali

Progetto : Canosa
Variante di simulazione : 550 bif risen_ok

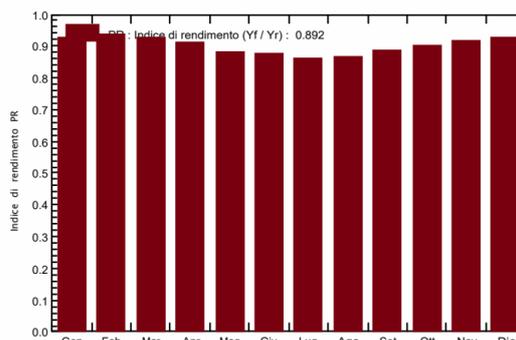
Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Orientamento campo FV	inclinazione		
Moduli FV	Modello	RSM110-8-550B	Pnom 550 Wp
Campo FV	Numero di moduli	32946	Pnom totale 18120 kWp
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126		Pnom 200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	92.0	Pnom totale 18400 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Risultati principali di simulazione	Energia prodotta	32895 MWh/anno	Prod. spec.	1815 kWh/kWp/anno
Produzione sistema	Indice di rendimento PR	89.17 %		

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 18120 kWp



Indice di rendimento PR


**550 bif risen_ok
 Bilanci e risultati principali**

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Gennaio	59.5	23.45	7.60	78.6	72.8	1350	1324	0.929
Febbraio	72.6	34.69	7.82	93.2	86.9	1613	1582	0.937
Marzo	117.8	53.22	11.03	149.1	140.2	2549	2498	0.924
Aprile	154.2	65.75	13.76	194.3	183.7	3285	3217	0.914
Maggio	197.3	68.63	19.43	255.0	242.6	4161	4069	0.881
Giugno	206.0	86.56	23.27	258.1	243.9	4194	4103	0.877
Luglio	223.9	74.46	26.38	289.3	274.5	4614	4511	0.861
Agosto	193.8	71.13	25.91	249.6	236.5	4009	3921	0.867
Settembre	139.1	51.84	20.65	179.7	169.9	2954	2892	0.888
Ottobre	105.6	42.48	17.29	136.6	127.9	2282	2237	0.904
Novembre	65.7	28.83	12.31	85.7	79.4	1453	1425	0.917
Dicembre	51.9	25.88	9.01	66.5	61.1	1139	1117	0.926
Anno	1587.4	626.93	16.26	2035.9	1919.3	33602	32895	0.892

Legenda: GlobHor Irraggiamento orizz. globale
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz.
 T_Amb T. amb.
 GlobInc Globale incidente piano coll.
 GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
 EArray Energia effettiva in uscita campo
 E_Grid Energia iniettata nella rete
 PR Indice di rendimento

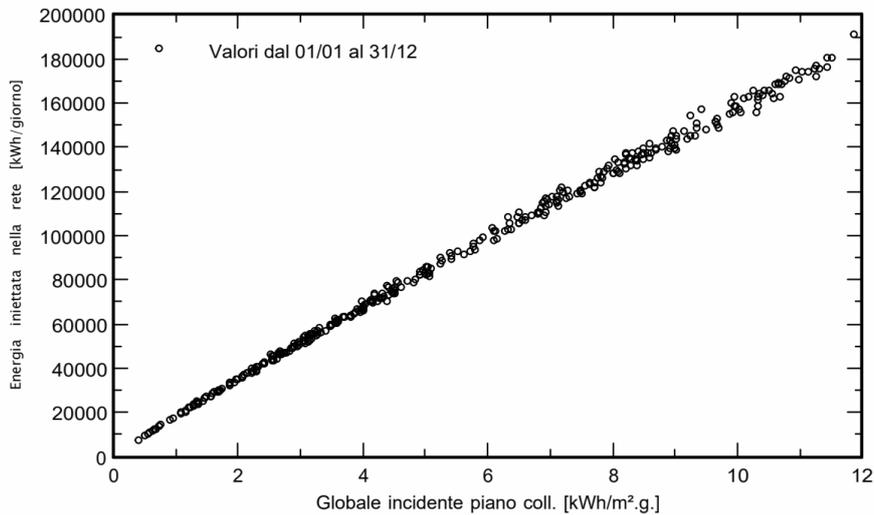
PVSYST V6.86	SR international (Italy)	22/11/21	Pagina 4/5
--------------	--------------------------	----------	------------

Sistema connesso in rete: Grafici speciali

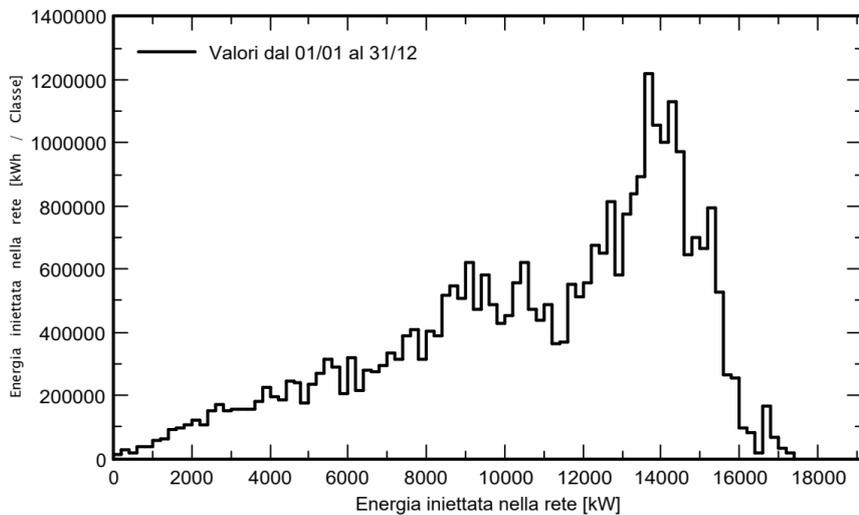
Progetto : Canosa
Variante di simulazione : 550 bif risen_ok

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Orientamento campo FV	inclinazione		
Moduli FV	Modello	RSM110-8-550B	Pnom 550 Wp
Campo FV	Numero di moduli	32946	Pnom totale 18120 kWp
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126		Pnom 200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	92.0	Pnom totale 18400 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



PVSYST V6.86

SR international (Italy)

22/11/21

Pagina 5/5

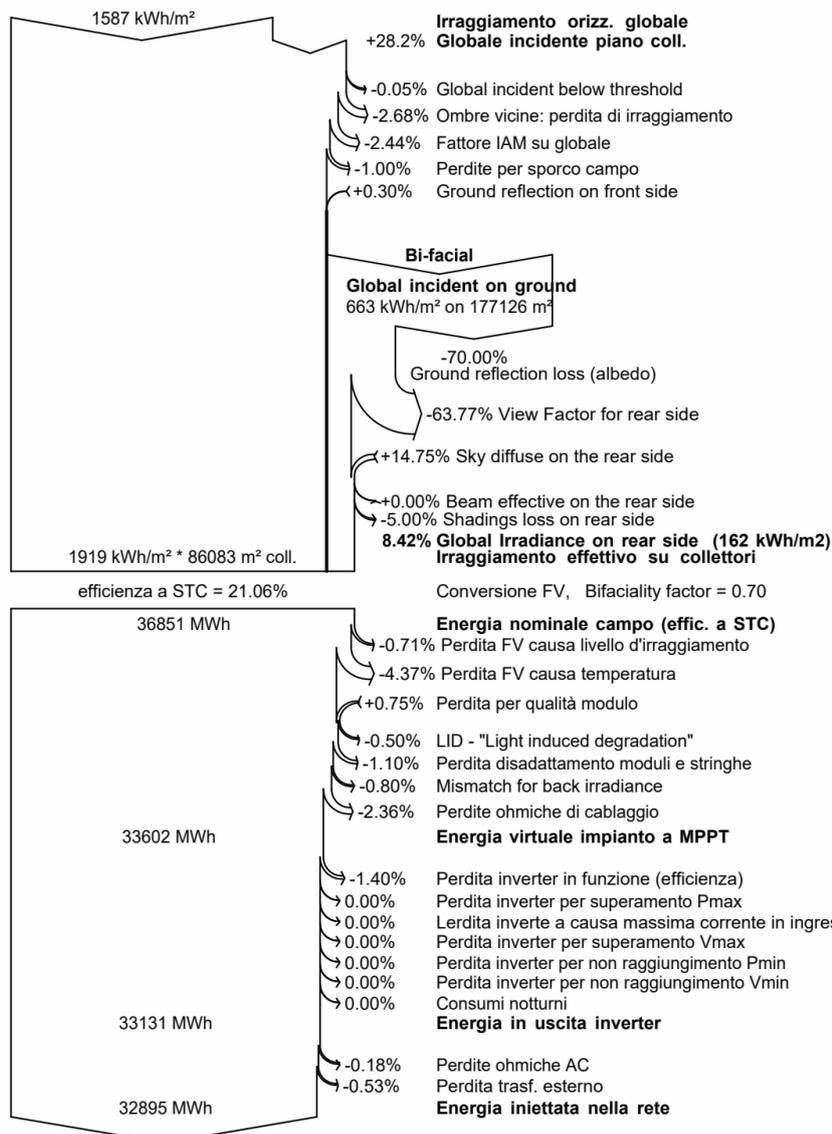
Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

Progetto : Canosa

Variante di simulazione : 550 bif risen_ok

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Eliostati illimitati con indetreggiamento	
Orientamento campo FV	inclinazione		
Moduli FV	Modello	RSM110-8-550B	Pnom 550 Wp
Campo FV	Numero di moduli	32946	Pnom totale 18120 kWp
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126		Pnom 200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	92.0	Pnom totale 18400 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Diagramma perdite sull'anno intero



La produzione di energia elettrica annua dell'impianto fotovoltaico, risultato della simulazione, risulta essere pari a circa 32,9 [GWh/a] mentre le ore di funzionamento equivalenti sono circa 1.815 [kWh/kWp/anno].

Per valutare il più possibile in modo realistico la produzione attesa, nel rispetto del funzionamento effettivo dell'impianto, è necessario considerare:

- un fermo per manutenzione, stimato in tre giorni all'anno: pertanto l'energia fornita dal sistema risulterà essere pari a circa 32.63,0 MWh/a, come riportato di seguito:

$$E_{sist} = E_{prod} - (3 \times E_{prod}/365) = 32.63,0 \text{ [MWh/a]}$$

- l'energia prelevata per alimentare i motori elettrici degli inseguitori solari monoassiali (≈ 600 kWh/MWp/anno), che è pari a circa 10,9 [MWh/a]

$$E_{sist_Fin} = 32.63,0 - 10,9 = 32.619,1 \text{ [MWh/a]}$$

Le ore di funzionamento equivalenti annue dell'impianto fotovoltaico in progetto sono dunque pari a circa 1.541 come di seguito indicato:

$$h_{equiv} = E_{sist}/P_{imp} = 32.619,1 \text{ [MWh/a]} / 18,12 \text{ [MW]} = 1.800 \text{ [kWh/kWp/anno]}.$$

3. RISPARMIO DI COMBUSTIBILE ED EMISSIONI EVITATE IN ATMOSFERA

Considerando l'intero ciclo di vita (LCA) dei materiali per realizzare i moduli e gli impianti fino allo smaltimento dei rifiuti in discarica al termine dell'operatività, il carico totale delle emissioni è di almeno un ordine di grandezza più basso della quantità di emissioni specifiche che accompagnano la produzione dei kWh convenzionali.

Le emissioni prodotte sono essenzialmente concentrate nella fase di realizzazione industriale (realizzazione dei materiali, lavorazione, assemblaggio) ed in quella di montaggio (montaggio dei pannelli, opere civili ed elettriche).

Durante le fasi di costruzione e di smantellamento si realizzeranno movimenti di terra per l'apertura di percorsi, depositi, spianamenti, ecc. Ciò implicherà un aumento della polvere sospesa che comunque rimarrà confinata nella zona circostante in cui è stata emessa, situata lontano dalla popolazione. Il traffico di macchinari e veicoli pesanti comporterà inoltre l'emissione in atmosfera di particelle inquinanti (CO₂, CO, NO_x e composti organici volatili) ma il numero di camion utilizzati sarà esiguo e, comunque, limitato nel tempo.

Durante la vita operativa dell'impianto non si avrà alcuna emissione di inquinanti, salvo quella che potrà derivare dall'occasionale transito di veicoli per le operazioni di manutenzione o da incidenti straordinari.

Si considera pertanto che ciascun kWh fotovoltaico sia accompagnato da una quantità di emissioni di inquinanti così piccola da poter essere trascurata, se confrontata con la

situazione del kWh convenzionale e quindi delle emissioni di contaminanti in atmosfera evitate. È infatti noto che la produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo di combustibili fossili comporta l'emissione di gas serra e di sostanze inquinanti in quantità variabili in funzione del combustibile, della tecnologia di combustione e del controllo dei fumi. Tra queste sostanze la più rilevante è la CO₂, il cui progressivo aumento in atmosfera contribuisce all'estendersi dell'effetto serra. Altri gas dannosi sia per la salute umana che per il patrimonio storico e naturale sono la SO₂ (anidride solforosa) e gli NO_x (ossidi di azoto).

Nel caso specifico dell'impianto fotovoltaico in progetto, avente una potenza massima di 18,12 MWp e funzionante per circa 1.800 ore/anno (fermi impianti già considerati), possono essere calcolate le emissioni evitate in termini di gas inquinanti che verrebbero rilasciati in atmosfera in conseguenza del processo di produzione del medesimo quantitativo di energia utilizzando fonti convenzionali, quali i derivati del petrolio o gas naturali.

In Tabella un riepilogo sui dati dell'impianto per la determinazione dell'inquinamento evitato (la produzione cumulata al 25° anno è calcolata considerando le perdite di efficienza annuali dell'impianto dovute ai fattori di invecchiamento e sporcamento):

Dati di impianto	
Potenza nominale dell'impianto (MW)	18,120
Ore di funzionamento medie equivalenti	1.800,0
Produzione stimata del 1° anno (kWh)	32.615.440,0
Produzione cumulata al 25° anno (kWh)	815.386.000,0

Tabella 1 - Riepilogo dei dati di impianto

3.1 Risparmio di 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, stabilito pari a 0,187 TEP/MWh_e (ai sensi della delibera EEN 3/08).

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	
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0,187
TEP risparmiate in 1 anno	6.099,09
TEP risparmiate in 25 anni	152.477,18

Tabella 2 - Risparmio di combustibile in TEP

3.2 Emissioni evitate in atmosfera

L'impianto fotovoltaico, sostituendo col proprio contributo la produzione di energia elettrica da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili di origine fossile, consente la riduzione delle emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

I dati riguardanti i Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra e altri gas nel settore elettrico sono tratti dal relativo Rapporto R303/2019 dell'ISPRA per l'SNPA sulle Emissioni del Settore Elettrico.

Emissioni evitate in atmosfera	CO ₂	CO	SO _x	
Fattori di emissione della produzione elettrica nazionale [g/kWh]	491,00	0,0977	0,0636	
Emissioni evitate in 1 anno [kg]	16.014.181,04	3.186,53	2.074,34	
Emissioni evitate in 25 anni [kg]	400.354.526,00	79.663,21	51.858,55	
Emissioni evitate in atmosfera	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	COVNM
Fattori di emissione della produzione elettrica nazionale [g/kWh]	0,2274	0,0005	0,0054	0,0838
Emissioni evitate in 1 anno [kg]	7.416,75	16,31	176,12	2.733,17
Emissioni evitate in 25 anni [kg]	185.418,78	407,69	4.403,08	68.329,35

Tabella 3 - Emissioni evitate in atmosfera