

# REGIONE LAZIO

Comune di Viterbo

## PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI VITERBO DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 28.584,0 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 23.868 kW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI VITERBO E TUSCANIA (VT)

TITOLO

Stima di produzione dell'impianto FV

PROGETTAZIONE



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



BARTOLAZZI  
ANDREA  
Ingegnere  
12.09.2022  
16:56:20  
GMT+01:00



PROPONENTE

**FRV 2201 S.r.l.**

FRV 2201 S.r.l.  
Con sede legale a Torino (TO)  
Via Assarotti 7 - 10122  
C.F. e P.IVA 12696040018  
PEC: frv2201@hyperpec.it

DocuSigned by:  
  
A368684FD1C04C6...

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	01/05/2022	Lauretti	Bartolazzi	FRV 2201 S.r.l.	Stima di produzione dell'impianto FV

N° DOCUMENTO

FRV-VTB-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 del Comune di Viterbo (VT) - (PVSYST)..... 5

**INDICE DELLE TABELLE**

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

Tabella 2 - Risparmio di combustibile in TEP.....14

Tabella 3 - Emissioni evitate in atmosfera .....15

## **1. LOCALIZZAZIONE SITO**

Il sito, ove si prevede di realizzare l'impianto fotovoltaico (un lotto composto da n.4 impianti fotovoltaici) è localizzato nella regione Lazio, in provincia di Viterbo, all'interno del territorio comunale di Viterbo. L'area prevista per la realizzazione dell'impianto e di tutte le opere necessarie alla connessione alla rete elettrica e delle infrastrutture per la produzione di energia elettrica, è situata a circa 12,0 km in linea d'aria a Nord-Ovest rispetto al Comune di Viterbo (VT), a circa 3,5 km a Sud del Lago di Bolsena e a circa 6,0 km a Sud-Ovest del Comune di Montefiascone (VT). L'impianto inoltre, dista in linea d'aria circa 9,5 km dalla Cabina Primaria "San Savino", ubicata nel Comune di Tuscania (VT).

## **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 47.640 moduli fotovoltaici monocristallini bifacciali di potenza nominale pari a 600 Wp, installati su strutture metalliche fisse, aventi un azimuth di 0° ed un Tilt di 30°.

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 Tot. [kW]	Cabine di trasformazione	Cabine di consegna
Area 1	sottocampo 1	9	11 str. per 8 inv 12 str. per 1 inv	100	3000	1800	7200,0	CT1-A	CC1
	sottocampo 2	9	11 str. per 8 inv 12 str. per 1 inv	100	3000	1800			
	sottocampo 3	9	11 str. per 8 inv 12 str. per 1 inv	100	3000	1800		CT1-B	
	sottocampo 4	9	11 str. per 8 inv 12 str. per 1 inv	100	3000	1800			
Area 2	sottocampo 1	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782	7128,0	CT2-A	CC2
	sottocampo 2	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782			
	sottocampo 3	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782		CT2-B	
	sottocampo 4	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782			
Area 3	sottocampo 1	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782	7110,0	CT3-A	CC3
	sottocampo 2	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782			
	sottocampo 3	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782		CT3-B	
	sottocampo 4	9	11 str. per 8 inv 10 str. per 1 inv	98	2940	1764			
Area 4	sottocampo 1	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782	7146,0	CT4-A	CC3
	sottocampo 2	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782			
	sottocampo 3	9	11 str. per 9 inv	99	2970	1782		CT4-B	
	sottocampo 4	9	11 str. per 8 inv 12 str. per 1 inv	100	3000	1800			
		<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>	<b>TOTALE</b>		<b>TOTALE</b>	<b>TOTALE</b>	<b>TOTALE</b>
		<b>144</b>		<b>1588</b>	<b>47640</b>		<b>28584,0</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

Nel calcolo dell'energia prodotta dall'impianto FV mediante l'utilizzo del software PVSYSY, si è considerato un unico impianto data la vicinanza delle quattro 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 Viterbo (VT) nei diversi mesi dell'anno.

Bilanci e risultati principali								
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
<b>Gennaio</b>	56.3	22.16	6.41	96.8	87.8	2491	2371	0.857
<b>Febbraio</b>	75.4	33.70	7.41	109.3	102.5	2940	2805	0.898
<b>Marzo</b>	119.9	51.83	10.84	150.2	140.9	4024	3838	0.894
<b>Aprile</b>	144.2	63.80	14.01	158.2	147.8	4201	4005	0.886
<b>Maggio</b>	195.4	73.67	19.69	196.2	183.7	5125	4885	0.871
<b>Giugno</b>	207.3	71.13	23.64	198.4	185.8	5111	4870	0.859
<b>Luglio</b>	221.0	66.53	26.90	217.9	204.6	5520	5255	0.844
<b>Agosto</b>	190.3	64.37	26.35	204.5	191.9	5160	4913	0.841
<b>Settembre</b>	135.4	52.39	20.65	163.4	153.5	4214	4014	0.859
<b>Ottobre</b>	95.2	41.31	16.92	132.9	124.5	3463	3301	0.869
<b>Novembre</b>	60.1	28.94	11.30	93.7	86.5	2443	2327	0.869
<b>Dicembre</b>	45.7	25.04	7.21	75.6	67.1	1934	1841	0.852
<b>Anno</b>	<b>1546.1</b>	<b>594.87</b>	<b>16.00</b>	<b>1797.0</b>	<b>1676.6</b>	<b>46626</b>	<b>44426</b>	<b>0.865</b>

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 del Comune di Viterbo (VT) - (PVSYST)

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 *1.546,1 kWh/m<sup>2</sup> 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 ( $\eta$ ) 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% ( $\eta_{cc}$ ) della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle specifiche condizioni di irraggiamento.
- Una potenza attiva lato AC superiore al 90% ( $\eta_{ac}$ ) 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/m<sup>2</sup> 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. <sup>TM</sup> ») 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 8 e 9 sono riportati i dati tecnici dell'impianto e l'ubicazione del sito d'installazione;
- a pagina 10 sono riportati i risultati della produzione annua di energia elettrica e i valori ambientali del sito in esame;
- a pagina 11 sono riportati i grafici dell'energia elettrica immessa in rete;
- a pagina 12 è raffigurato il diagramma delle perdite annue dell'impianto FV.

PVSYST V6.86	SR international (Italy)	22/10/21	Pagina 1/5
<b>Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione</b>			
<b>Progetto : Viterbo lotto 4 impianti</b>			
<b>Luogo geografico</b>	<b>Viterbo 4</b>	<b>Paese</b>	<b>Italia</b>
<b>Ubicazione</b>	Latitudine 42.50° N	Longitudine	11.98° E
Ora definita come	Ora legale Fuso orario TU	Altitudine	400 m
	Albedo 0.20		
<b>Dati meteo:</b>	<b>Viterbo 4</b>	Meteonorm 7.2 (1994-2013), Sat=24% - Sintetico	
<b>Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione</b>			
	Data di simulazione	22/10/21 13h42	
<b>Parametri di simulazione</b>	Tipo di sistema	<b>Shed illimitati</b>	
<b>Orientamento piano collettori</b>	Inclinazione	30°	Azimut 0°
<b>Configurazione sheds</b>	N. di shed	100	Shed illimitati
	Spaziatura sheds	7.80 m	Larghezza collettori 3.91 m
Angolo limite ombreggiamento	Angolo limite profilo	24.0°	Fattore di occupazione (GCR) 50.1 %
<b>Modelli utilizzati</b>	Trasposizione	Perez	Diffuso Perez, Meteonorm
<b>Orizzonte</b>	Orizzonte libero		
<b>Ombre vicine</b>	ombreggiamento reciproco degli shed		
<b>Sistema a moduli bifacciali</b>	Modello	Unlimited sheds, 2D calculation	
	Spaziatura sheds	7.80 m	Ampiezza sheds 3.93 m
	Angolo limite profilo	24.1°	GCR 50.4 %
	Albedo dal suolo	30.0 %	s.l.s. 1.50 m
Fattore di ripartizione delle faccie associato al modulo FV	Fattore di ombreggiamento posteriore	10.0 %	5.0 %
Trasparenza del modul FV	Perdite per Mismatch posteriori	0.0 %	10.0 %
<b>Bisogni dell'utente :</b>	Carico illimitato (rete)		
<b>Caratteristiche campo FV</b>			
<b>Modulo FV</b>	Si-mono	Modello	<b>TSM-600-Bif</b>
definizione customizzata dei parametri		Costruttore	Trina Solar
Numero di moduli FV		In serie	30 moduli
Numero totale di moduli FV		N. di moduli	47640
Potenza globale campo		Nominale (STC)	<b>28584 kWp</b>
Caratt. di funzionamento campo FV (50°C)		U mpp	947 V
Superficie totale		Superficie modulo	<b>134827 m²</b>
		Superficie cella	134631 m²
<b>Inverter</b>		Modello	<b>SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126</b>
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	144 unità
		Potenza totale	28800 kWac
		Rapporto Pnom	0.99
<b>Fattori di perdita campo FV</b>			
Perdite per sporco campo		Fraz. perdite	3.0 %
Fatt. di perdita termica	Uc (cost)	29.0 W/m²K	Fraz. perdite Uv (vento) 0.0 W/m²K / m/s
Perdita ohmica di cablaggio	Res. globale campo	0.93 mOhm	Fraz. perdite 2.5 % a STC
LID - Light Induced Degradation			Fraz. perdite 2.0 %
Perdita di qualità moduli			Fraz. perdite -0.2 %
Perdite per "mismatch" moduli			Fraz. perdite 1.5 % a MPP
Perdita disadattamento Stringhe			Fraz. perdite 0.20 %

**Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione**

Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Profilo definito utente

0°	40°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.998	0.992	0.983	0.961	0.933	0.853	0.000

**Fattori di perdita sistema**

perdita AC dei cavi dall'inverter al trafo	Tensione inverter	800 Vac tri		
	Conduttori: 3x15000.0 mm <sup>2</sup>	502 m	Fraz. perdite	2.8 % a STC
Trasformatore esterno	Perdita ferro (connesso 24h)	39880 W	Fraz. perdite	0.1 % a STC
	Perdite resistive/induttive	0.148 mOhm	Fraz. perdite	0.7 % a STC

**Perdite ausiliarie**

Proporzionali alla potenza 5.0 W/kW... dalla soglia di potenza 0.0 kW

PVSYST V6.86

SR international (Italy)

22/10/21

Pagina 3/5

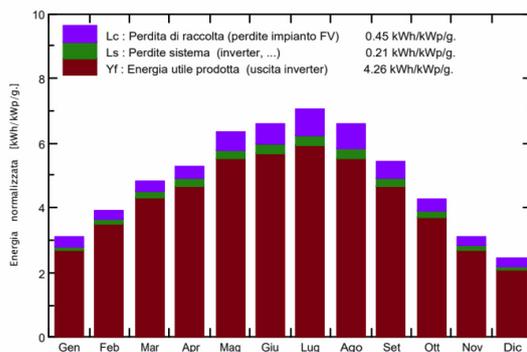
**Sistema connesso in rete: Risultati principali**
**Progetto :** Viterbo lotto 4 impianti  
**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

<b>Parametri principali del sistema</b>	Tipo di sistema	<b>Shed illimitati</b>
Orientamento campo FV	Disposizione in shed, inclinazione	30°
Moduli FV	Modello	TSM-600-Bif
Campo FV	Numero di moduli	47640
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126	Pnom totale <b>28584 kWp</b>
Gruppo di inverter	Numero di unità	144.0
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)	Pnom totale <b>28800 kW ac</b>

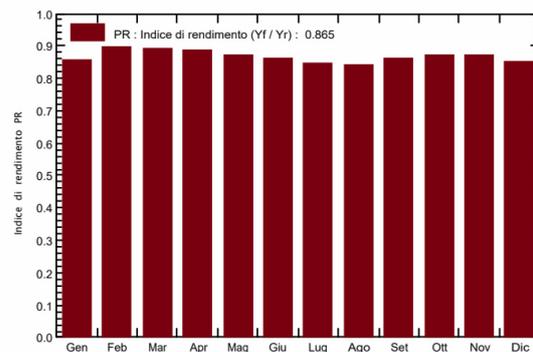
**Risultati principali di simulazione**

 Produzione sistema **Energia prodotta 44426 MWh/anno** Prod. spec. 1554 kWh/kWp/anno  
 Indice di rendimento PR **86.49 %**

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 28584 kWp



Indice di rendimento PR


**Nuova variante di simulazione  
Bilanci e risultati principali**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
<b>Gennaio</b>	56.3	22.16	6.41	96.8	87.8	2491	2371	0.857
<b>Febbraio</b>	75.4	33.70	7.41	109.3	102.5	2940	2805	0.898
<b>Marzo</b>	119.9	51.83	10.84	150.2	140.9	4024	3838	0.894
<b>Aprile</b>	144.2	63.80	14.01	158.2	147.8	4201	4005	0.886
<b>Maggio</b>	195.4	73.67	19.69	196.2	183.7	5125	4885	0.871
<b>Giugno</b>	207.3	71.13	23.64	198.4	185.8	5111	4870	0.859
<b>Luglio</b>	221.0	66.53	26.90	217.9	204.6	5520	5255	0.844
<b>Agosto</b>	190.3	64.37	26.35	204.5	191.9	5160	4913	0.841
<b>Settembre</b>	135.4	52.39	20.65	163.4	153.5	4214	4014	0.859
<b>Ottobre</b>	95.2	41.31	16.92	132.9	124.5	3463	3301	0.869
<b>Novembre</b>	60.1	28.94	11.30	93.7	86.5	2443	2327	0.869
<b>Dicembre</b>	45.7	25.04	7.21	75.6	67.1	1934	1841	0.852
<b>Anno</b>	1546.1	594.87	16.00	1797.0	1676.6	46626	44426	0.865

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)

22/10/21

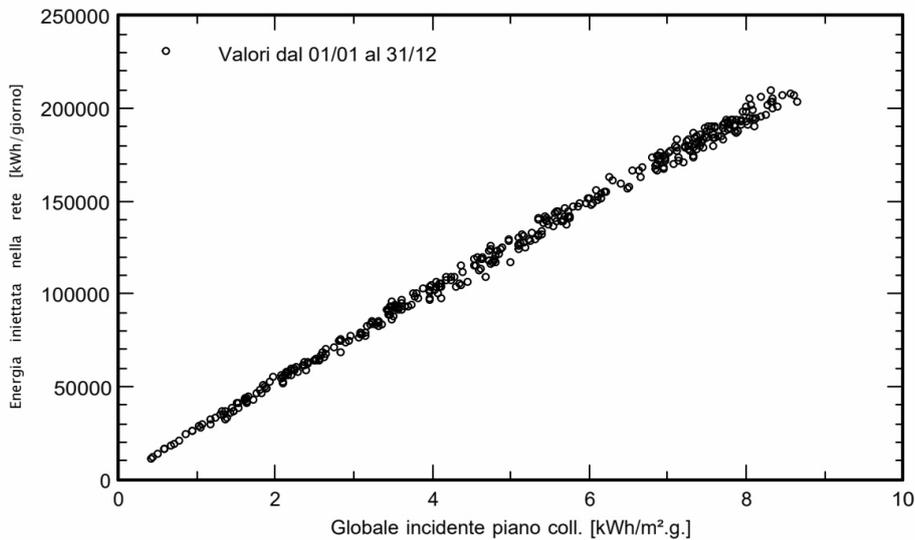
Pagina 4/5

**Sistema connesso in rete: Grafici speciali**

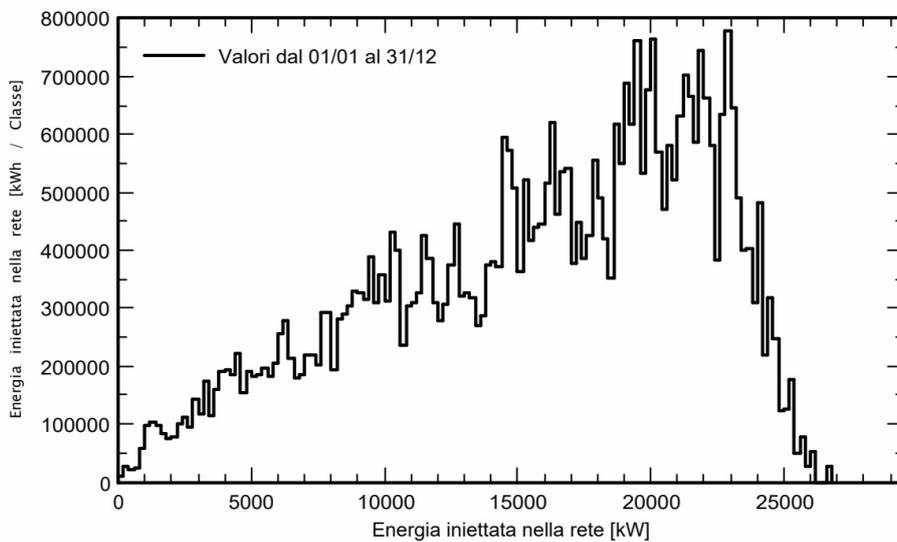
**Progetto :** Viterbo lotto 4 impianti  
**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

<b>Parametri principali del sistema</b>	Tipo di sistema	<b>Shed illimitati</b>	
Orientamento campo FV	Disposizione in shed, inclinazione	30°	azimut 0°
Moduli FV	Modello	TSM-600-Bif	Pnom 600 Wp
Campo FV	Numero di moduli	47640	Pnom totale <b>28584 kWp</b>
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126	Pnom	200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	144.0	Pnom totale <b>28800 kW ac</b>
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**



PVSYST V6.86

SR international (Italy)

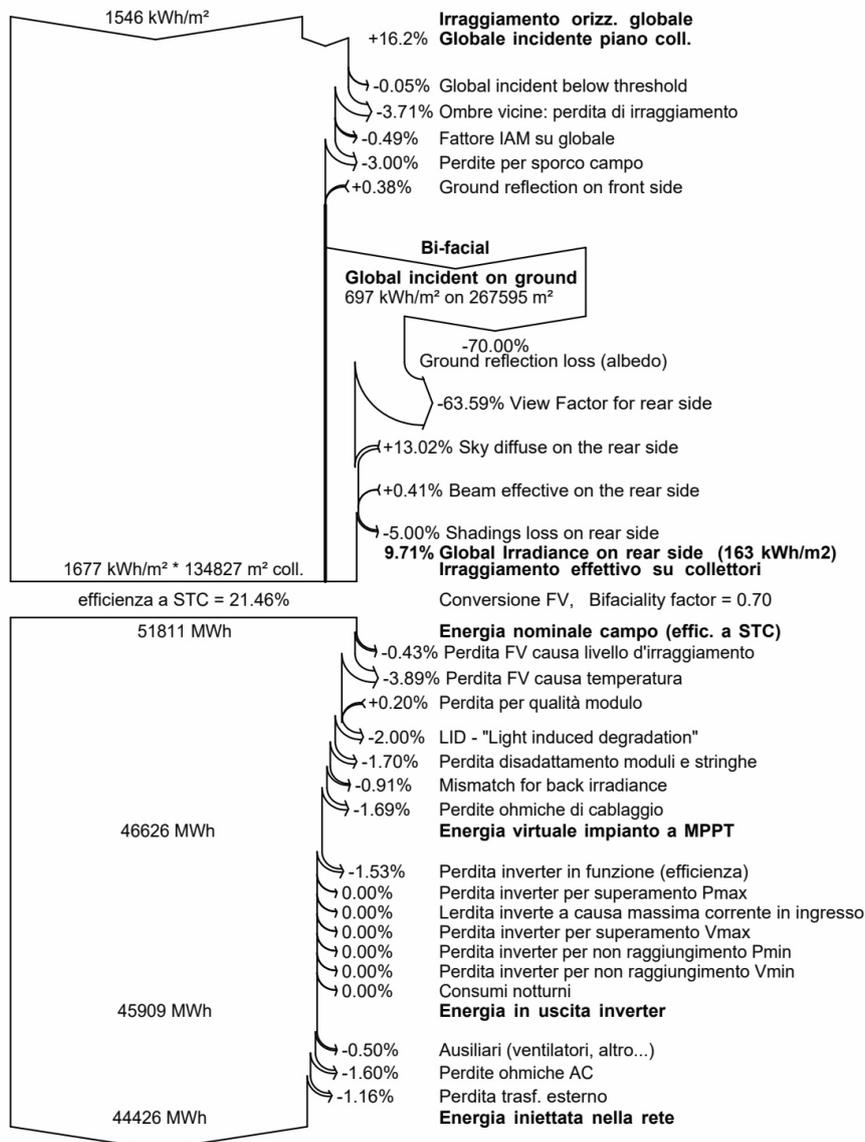
22/10/21

Pagina 5/5

**Sistema connesso in rete: Diagramma perdite**
**Progetto :** Viterbo lotto 4 impianti

**Variante di simulazione :** Nuova variante di simulazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Shed illimitati		
Orientamento campo FV	Disposizione in shed, inclinazione	30°	azimut	0°
Moduli FV	Modello	TSM-600-Bif	Pnom	600 Wp
Campo FV	Numero di moduli	47640	Pnom totale	<b>28584 kWp</b>
Inverter	SUN2000-215KTL-H3-Preliminary V0.4-20201126		Pnom	200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	144.0	Pnom totale	<b>28800 kW ac</b>
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 44,43 [GWh/a] mentre le ore di funzionamento equivalenti sono circa 1.554 [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 44.060,0 MWh/a, come riportato di seguito:

$$E_{sist} = E_{prod} - (3 \times E_{prod}/365) = 44.060,0 \text{ [MWh/a]}$$

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

$$h_{equiv} = E_{sist}/P_{imp} = 44.060,0 \text{ [MWh/a]} / 28,584 \text{ [MW]} = 1.541 \text{ [kWh/kWp/anno]}.$$

### **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 (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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 SO<sub>2</sub> (anidride solforosa) e gli NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto).

Nel caso specifico dell'impianto fotovoltaico in progetto, avente una potenza massima di 28,584 MWp e funzionante per circa 1.541 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)	28,584
Ore di funzionamento medie equivalenti	1.541,0
Produzione stimata del 1° anno (kWh)	44.047.384,0
Produzione cumulata al 25° anno (kWh)	1.101.184.600,0

*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<sub>e</sub> (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	8.236,86
TEP risparmiate in 25 anni	205.921,52

*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.

<b>Emissioni evitate in atmosfera</b>	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>x</sub>	
Fattori di emissione della produzione elettrica nazionale [g/kWh]	491,00	0,0977	0,0636	
Emissioni evitate in 1 anno [kg]	21.627.265,54	4.303,43	2.801,41	
Emissioni evitate in 25 anni [kg]	540.681.638,60	107.585,74	70.035,34	
<b>Emissioni evitate in atmosfera</b>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	COVNM
Fattori di emissione della produzione elettrica nazionale [g/kWh]	0,2274	0,0005	0,0054	0,0838
Emissioni evitate in 1 anno [kg]	10.016,38	22,02	237,86	3.691,17
Emissioni evitate in 25 anni [kg]	250.409,38	550,59	5.946,40	92.279,27

*Tabella 3 - Emissioni evitate in atmosfera*