



REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI BRINDISI
COMUNE DI CEGLIE MESSAPICA



Progetto: SPV 39 Impianto Agrivoltaico ubicato nell'agro del Comune di Ceglie Messapica (Br), sui terreni censiti nel N.C.T di Ceglie Messapica come da tabella riportata a destra.

Potenza ai fini della connessione 45 MW.
Potenza di Picco della Cen.le Agrivoltaica 50,4 Mw
Cod. Rint. da Definire a Cura di Terna S.p.A. 202402966

Piano Particellare Progetto			
ID Foglio Catastale	ID Particella	Nota	Ditta/Proprietà
Foglio 77	3	Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77	2	Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77	116	Parte	Ricci Pasquale
Foglio 78	6	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78	7	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78	8	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77	1	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78	1	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78	4	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78	5	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77	11	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77	12	Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77	208	Completa	Ricci Pasquale
SOMMANO MQ		8084723	

NELLA DISPONIBILITA' DEL PROPONENTE GIUSTO CONTRATTO PRELIMINARE PER LA COSTITUZIONE DI DIRITTO DI SUPERFICIE N. 13648/11327 DEL 11/07/2024 BRINDISI

Codice elaborato

PROGETTO DEFINITIVO

FEBBRAIO 2025

CAS.SPV39.R06

Scala. Non Applic.

Relazione sulla producibilità

DATA	MOTIVO REVISIONE	REDATTO	APPROVATO
19/02/2025	//	ING. FRANCESCO CIRACI'	ING. FRANCESCO CIRACI'

COMMITTENTE:



FFK SPV 1 S.R.L.
VIA DURINI 4 – 20122 - MILANO (MI)
C.F. 13119050964 - P.IVA 13119050964 (IT)

PROGETTISTA



Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco
Sede legale: San Lorenzo n. 2,
Ceglie Messapica (Br), 72013,
Cell.3382328300
Email:ciracifrancesco@gmail.com



INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

Sommario

1. SCOPO DELLA RELAZIONE	2
2. PROPONENTE.....	2
3. POTENZA NOMINALE E POTENZA RICHIESTA AI FINI DELLA CONNESSIONE	2
4. NORMATIVA DI SETTORE.....	2
5. NORME TECNICHE	3
6. SITO DI INSTALLAZIONE	5
7. GENERALITÀ SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....	6
7.1 TIPI DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....	7
7.1.1 Impianto di produzione “Residenziale”.....	7
7.1.2 Industriali/Commerciali	8
7.1.3 Centrali elettriche fotovoltaiche	8
7.2 TIPOLOGIE DI MODULI FOTOVOLTAICI – CELLE A SILICIO CRISTALLINO	10
7.3 CLASSIFICAZIONE INVERTER IN FUNZIONE DELLA TAGLIA	10
7.3.1 Inverter centralizzati	10
7.3.2 Inverter di stringa.....	11
8. TABELLA SINOTTICA DEI COMPONENTI DELLA SEZIONE FOTOVOLTAICA DELL’IMPIANTO AGRIVOLTAICO	12
9. PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA E MECCANICA DELLA CENTRALE AGRIVOLTAICA.....	13
9.1 MODULO FOTOVOLTAICO	16
9.2 STRING BOX	18
9.3 STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI	20
9.4 INVERTER (GRUPPI DI CONVERSIONE)	22
9.5 TRASFORMATORI	24
9.6 STAZIONE DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE - INVERTER STATION - SHELTER	25
9.7 CABINA AUSILIARIA	27
9.8 CABINE DI RACCOLTA.....	29
10. IRRAGGIAMENTO SOLARE	31
11. CONDIZIONI DI MISURA PER LA POTENZA NOMINALE DEI GENERATORI FOTOVOLTAICI (STC)	33
12. RADIAZIONE GLOBALE ORIZZONTALE (GHI) E RADIAZIONE GLOBALE INCLINATA (GTI).....	36
13. CALCOLO PRODUZIONE IMPIANTO IN PROGETTO	39
14. EMISSIONI GAS SERRA EVITATE	41

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

1. Scopo della relazione

Lo scopo della presente relazione è quello di dimostrare che l'impianto proposto rispetto alla produzione energetica pulita, rinnovabile e sostenibile, risulta adeguato rispetto agli investimenti necessari per la sua realizzazione.

2. Proponente

FFK SPV 1 S.R.L., VIA DURINI 4 – 20122 - MILANO (MI), C.F. 13119050964 - P.IVA 13119050964 (IT), qui rappresentata dal Dr. Flavio Frigione.

3. Potenza nominale e potenza richiesta ai fini della connessione

Potenza Richiesta ai fini della Connessione	45 MW
Potenza Nominale Impianto di Produzione	50,4 MVA

Tabella 1

4. Normativa di settore

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi in conformità ai quali la presente relazione e i relativi allegati tecnici sono stati redatti.

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto-legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e smi;
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 ";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- PUGLIA, L.R. n. 25/2008, Norme in materia di autorizzazione alla costruzione ed esercizio di linee e impianti elettrici con tensione non superiore a 150.000 volt;
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 2017, n. 31
Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata
- Decreto legislativo, 16/06/2017 n° 104, G.U. 06/07/2017;
- Decreto-legge 31 maggio 2021, n.77, decreto semplificazioni;
- DECRETO LEGISLATIVO 8 novembre 2021, n. 199;
- Decreto-legge del 01/03/2022 n. 17;
- LEGGE 27 aprile 2022, n. 34;
- Decreto-legge del 24/02/2023 n. 13;
- LEGGE del 21/04/2023 n. 41;
- Linee Guida Nazionale per la semplificazione per i procedimenti autorizzativi riguardanti la costruzione e l'esercizio delle infrastrutture appartenenti alla rete di Distribuzione, D.M. del 20 ottobre 2022;
- Decreto-legge n.63 del 15 maggio 2024
- Decreto interministeriale 21 giugno 2024

5. Norme Tecniche

Di seguito si riportano le norme tecniche in conformità alle quali la presente relazione e i relativi allegati tecnici sono stati redatti.

- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01
- CEI11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica - Linee in cavo", terza edizione, 2006-07
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12
- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02
- TERNA Guida agli Schemi di Connessione UXLK401

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- 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 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 ≤ 16 A per fase);
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.): Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1:
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2:
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;

6. Sito di installazione

L'impianto agrivoltaico oggetto del presente elaborato tecnico sorgerà, a valle del recepimento di tutte le autorizzazioni previste dalla normativa di settore, nel Comune di Ceglie Messapica in Provincia di Brindisi (BR), Puglia.

Alla base dei calcoli delle relazioni specialistiche allegate alla presente è stata considerata, come baricentrica dell'impianto agrivoltaico, la seguente posizione geografica:

- 40°38'20.8"N
- 17°35'41.8"E

L'immagine n.1 (foto satellitare) individua su scala provinciale, il sito oggetto del progetto Agrivoltaico. Dall'immagine si osserva che il sito è situato sulla direttrice che collega i Comuni di Ceglie Messapica e San Michele Salentino, lungo la strada SP 581, a circa 6,7 Km dal centro storico di Ceglie Messapica e a circa 3,25 Km dal centro di San Michele Salentino.

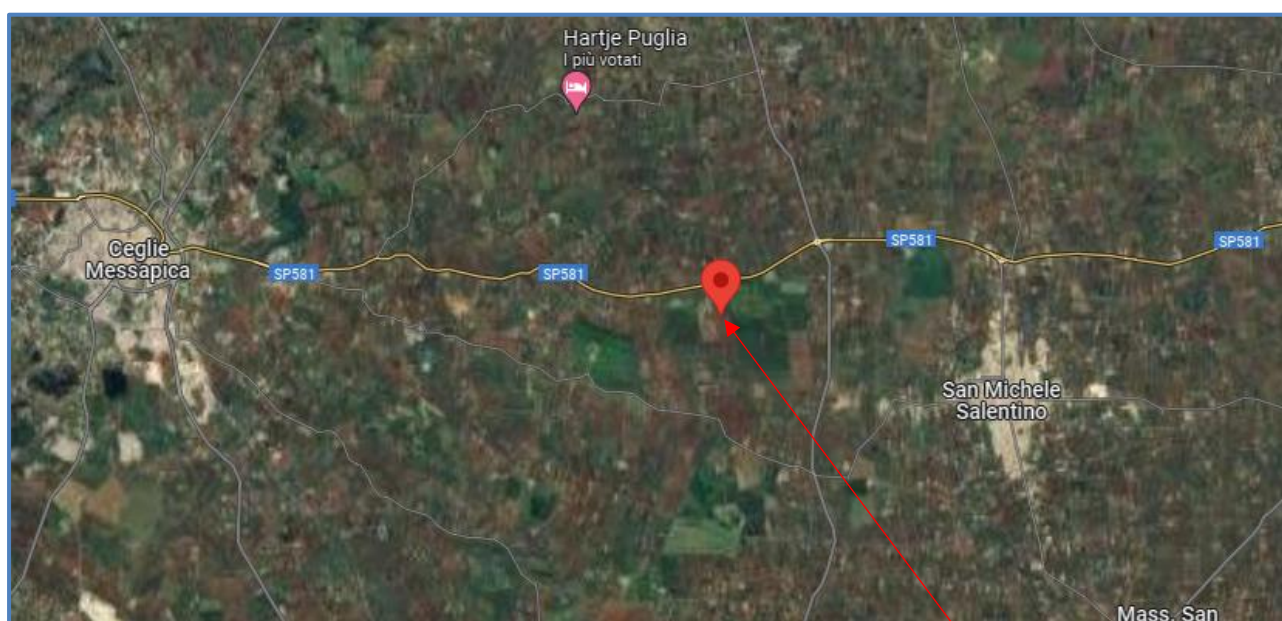


Immagine 1

Sito di installazione

L'immagine n.2 (foto satellitare), individua su scala regionale il sito oggetto di intervento, il quale dista circa 30 chilometri dal capoluogo di provincia, città di Brindisi, e circa 85 chilometri dal capoluogo di regione, città di Bari.

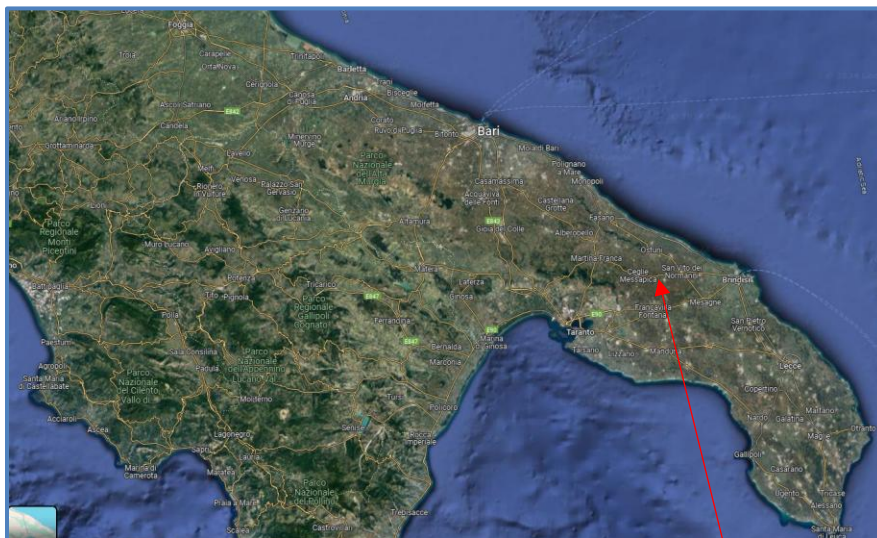


Immagine 2

Sito di installazione

7. Generalità sugli impianti fotovoltaici

Un impianto fotovoltaico trasforma direttamente ed istantaneamente l'energia solare in energia elettrica senza l'utilizzo di alcun combustibile. La tecnologia fotovoltaica sfrutta infatti l'effetto fotovoltaico, per mezzo del quale alcuni semiconduttori opportunamente "drogati" generano elettricità se esposti alla radiazione solare. Gli impianti di cui trattasi sono essenzialmente costituiti da:

- un generatore (moduli fotovoltaici);
- da una struttura di sostegno, per installare i moduli sul terreno, su un edificio o su una qualsiasi struttura edilizia;
- da uno o più inverter, convertono la corrente elettrica da continua ad alternata;
- da uno o più trasformatori, elevano la tensione da bassa a media e da media ad alta;
- da un sistema di controllo e condizionamento della potenza;
- da un eventuale accumulatore di energia;
- da quadri elettrici contenenti le apparecchiature di manovra-protezione;
- dai cavi di collegamento.

Di seguito si analizzano gli impianti fotovoltaici rispetto ai vantaggi che essi hanno rispetto ad impianti canonici che sfruttano i combustibili fossili per la produzione di energia.

I principali vantaggi degli impianti fotovoltaici possono riassumersi in:

1. assenza di emissione di sostanze inquinanti;
2. risparmio di combustibili fossili;
3. affidabilità degli impianti poiché non vi sono parti in movimento, tranne per i movimenti lenti e controllati dei tracker (vita utile di norma superiore a 30 anni);
4. ridotti costi di esercizio e manutenzione;

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

5. modularità del sistema (per incrementare la potenza dell'impianto e sufficiente aumentare il numero di moduli, degli inverter e dei trasformatori nei limiti tecnici dei cavi e delle relative protezioni) secondo le reali esigenze dell'utente.

Dopo aver approssimativamente esaminati i vantaggi degli impianti fotovoltaici rispetto agli impianti canonici che utilizzano fonti fossili per la produzione di energia, risulta doveroso rilevare gli svantaggi che essi hanno rispetto a quest'ultimi. Lo svantaggio più rilevante risulta essere la continuità/stabilità di produzione, di fatti la produzione elettrica annua di un impianto fotovoltaico dipende da diversi fattori tra cui:

1. radiazione solare incidente sul sito di installazione;
2. inclinazione ed orientamento dei moduli;
3. presenza o meno di ombreggiamenti;
4. prestazioni tecniche dei componenti dell'impianto (principalmente moduli ed inverter);
5. banalmente dal ciclo solare diurno;
6. condizioni metereologiche.

7.1 Tipi di impianti fotovoltaici

7.1.1 Impianto di produzione "Residenziale".

È un impianto di produzione connesso alla rete installato su un'abitazione civile o su sue pertinenze. L'energia prodotta dall'impianto viene utilizzata dall'abitazione. La quota di energia non istantaneamente utilizzata, in assenza di un sistema di accumulo, viene immessa nella rete elettrica di distribuzione alla quale l'abitazione risulta connessa. La quota di energia non istantaneamente utilizzata, in presenza di un sistema di accumulo, viene immagazzinata nel sistema di accumulo stesso. Gli impianti di produzione collegati alla rete elettrica mediante un sistema elettrico monofase possono avere una potenza massima $< 6 \text{ kW}$. Gli impianti di produzione collegati alla rete mediante un sistema elettrico trifase generalmente sono realizzati con inverter trifase ma possono essere realizzati anche con generatori monofase purché la potenza dei singoli inverter monofase sia ripartita in maniera equilibrata sulle singole fasi. Per impianti con potenza nominale $> 11,08 \text{ kW}$, oltre ad essere collegati alla rete mediante un sistema elettrico trifase, la CEI 0-21 prevede ulteriori requisiti per i componenti impiantistici di interconnessione alla rete (es. Sistema protezione di interfaccia (SPI), dispositivo di interfaccia (DDI), ecc.) e per le caratteristiche degli inverter. La CEI 0-21 prevede ulteriori requisiti impiantistici per gli impianti con Potenza nominale $> 20 \text{ kW}$ (es. deve essere previsto un dispositivo di rinalzo al DDI, ecc.). inoltre, gli impianti fotovoltaici con potenza $> 20 \text{ kW}$ sono soggetti a dichiarazioni di produzione di energia elettrica da presentarsi all'Ufficio Tecnico di Finanza da soggetto detentore di P.IVA. Alla luce di ciò si possono definire impianti Residenziali impianti con Potenza nominale $< 20 \text{ kW}$.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

7.1.2 Industriali/Commerciali

Gli impianti fotovoltaici industriali (detti anche impianti fotovoltaici C&I) sono impianti fotovoltaici di potenza nominale compresa tra 20 kWp e 1 MWp installati sul tetto o nelle pertinenze di capannoni industriali o commerciali.

7.1.3 Centrali elettriche fotovoltaiche

Le centrali elettriche fotovoltaiche (normalmente definiti anche impianti fotovoltaici Utility scale) sono impianti fotovoltaici di potenza nominale > 1 MWp installati a terra.

Gli impianti fotovoltaici a terra possono essere a loro volta suddivisi in 2 macrocategorie:

1. Impianti fissi realizzati su strutture di sostegno fisse;
2. Impianti ad inseguimento, realizzati su strutture capaci di muoversi per inseguire il sole e aumentare quindi la radiazione solare incidente sui moduli fotovoltaici. Gli inseguitori solare possono essere monoassiali, quando viene variato solamente l'azimut dei moduli durante il giorno in base alla posizione del sole, o biassiali, quando viene variato sia l'azimut che l'inclinazione dei moduli durante il giorno in base alla posizione del sole.

Le fondamenta delle strutture di sostegno, sia fisse che ad inseguimento, possono essere di diversa tipologia (fondazione con palificazioni a vite, pali infissi nel terreno con battipalo, pali infissi nel terreno con preforatura e getto di cemento, ecc). In ogni caso, le strutture di sostegno vanno progettate in funzione di un'analisi precisa e dettagliata dell'area di installazione, al fine di determinare il comportamento portante rispetto ai carichi specifici di vento e neve. L'analisi strutturale deve basarsi su valori di carico regionali con ipotesi di carico e deve essere conforme alle norme nazionali vigenti (ad esempio, in Europa secondo le norme EN 1990 (Eurocodice 0), EN 1991 (Eurocodice 1), EN 1993 (Eurocodice 3), EN 1999 (Eurocodice 9) e altre norme nazionali corrispondenti).

Gli impianti fotovoltaici ad inseguimento possono essere realizzati con inseguitori aventi uno o più assi di inseguimento; gli inseguitori con un grado di inseguimento vengono definiti inseguitori monoassiali; gli inseguitori con due gradi di inseguimento vengono definiti inseguitori biassiali.

Gli inseguitori monoassiali sono delle strutture di sostegno mobili dei moduli fotovoltaici che permettono la rotazione dei moduli stessi rispetto ad un asse di rotazione orizzontale o verticale. Questi sistemi possono ruotare in direzione est-ovest o nord-sud.

Gli inseguitori monoassiali di tilt (o di "beccheggio"), sono inseguitori economici e si semplice concezione. I moduli fotovoltaici installati sugli inseguitori ruotano attorno all'asse est-ovest.

Essendo normalmente i moduli fotovoltaici orientati verso sud nell'emisfero boreale, gli inseguitori monoassiali di tilt aumentano o diminuiscono l'inclinazione dei moduli fotovoltaici rispetto al

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

terreno in modo che l'angolo di tilt risulti ottimale rispetto alla stagione. L'angolo di tilt ideale è invariante rispetto alla latitudine ma varia nel corso dell'anno. Normalmente questa tipologia di inseguitori monoassiale non è motorizzata: le strutture dei moduli vengono abbassate e sollevate manualmente almeno 2 volte all'anno in modo tale da ottimizzare il tilt per la stagione invernale e per la stagione estiva.

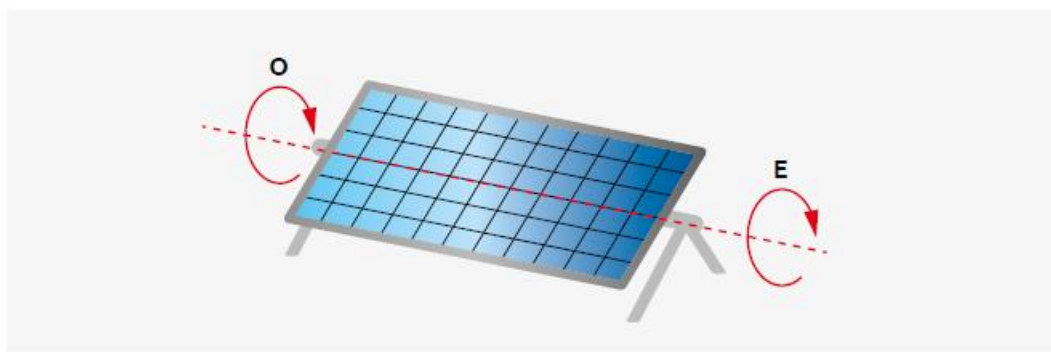


Immagine 3 – inseguitori monoassiali di tilt

Gli inseguitori monoassiali di rollio inseguono il sole lungo la volta celeste nel suo percorso quotidiano indipendentemente dalla stagione di utilizzo. L'asse di rotazione di questa tipologia di inseguitori è nord-sud. L'asse di rotazione nord-sud è orizzontale. La rotazione intorno all'asse nord-sud durante il giorno va da -55° del mattino a $+55^\circ$ della sera. Questa tipologia di inseguitori è motorizzata; per migliorare le performance degli impianti costruiti con tali inseguitori monoassiali generalmente viene implementato il “backtracking”. Il backtracking è uno strumento che permette di evitare l'auto ombreggiamento dei moduli installati sulle differenti file di inseguitori. Questa tecnica prevede che i servomeccanismi orientino i moduli in base ai raggi solari solo nella fascia centrale della giornata; nelle prime ore della giornata e nel pomeriggio l'inclinazione dei moduli viene ridotta rispetto all'ottimale proprio per evitare l'auto ombreggiamento tra le file. Un impianto fotovoltaico realizzato con tali inseguitori monoassiali permette una maggiore produzione di energia del 30-35% rispetto ad un impianto fisso di pari potenza installata.

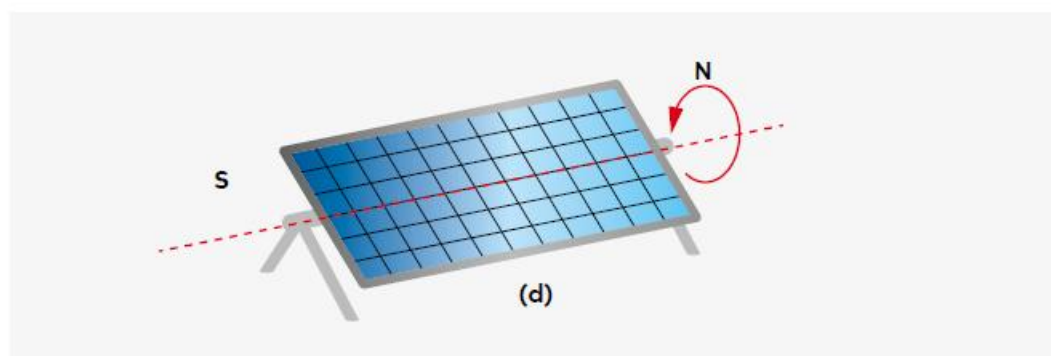


Immagine 4 – inseguitori monoassiali di rollio

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

7.2 Tipologie di moduli fotovoltaici – celle a silicio cristallino

La cella fotovoltaica è il più elementare dispositivo fotovoltaico. Un modulo fotovoltaico è un insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante, in grado di fornire energia elettrica. Un pannello fotovoltaico è invece gruppo di moduli fissati meccanicamente e collegati elettricamente, prima dell'installazione sulla struttura di sostegno. Un insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie viene detto Stringa. Il campo fotovoltaico (o PV Array) è l'insieme di tutte le stringhe di un impianto fotovoltaico e di tutti i componenti necessari al loro funzionamento.

I moduli in silicio cristallino (c-Si) sono quelli che hanno avuto maggior diffusione nel tempo e sono ancora oggi i più utilizzati negli impianti FV installati. Le celle fotovoltaiche, che costituiscono i moduli fotovoltaici in silicio cristallino, possono essere caratterizzate in 3 macrocategorie in funzione della metodologia di cristallizzazione del silicio:

1. Monocristalline;
2. Policristalline;
3. Quasi-mono.

Le celle in silicio cristallino possono essere differenziate in base alla drogatura e quindi si possono suddividere in:

1. celle con giunzione tipo p; i wafer di silicio vengono drogati con boro che ha un elettrone in meno del silicio e quindi le celle sono caricate positivamente;
2. celle con giunzione tipo n; i wafer di silicio vengono drogati con fosforo che ha un elettrone in più del silicio e quindi le celle sono caricate negativamente.

Nonostante le celle realizzate con wafer di tipo p erano più diffuse in passato, l'industria fotovoltaica si sta concentrando maggiormente sulle celle realizzate con wafer di tipo n in quanto quest'ultime permettono di ottenere efficienze più elevate e sono più resistenti nei confronti di alcuni fenomeni degenerativi indotti dall'esposizione alla luce come il LID (Light Induced Degradation).

7.3 Classificazione inverter in funzione della taglia

7.3.1 Inverter centralizzati

Sono considerati inverter centralizzati quegli inverter con potenza > 1000 .

Le soluzioni con inverter centralizzati generalmente vengono utilizzate negli impianti utility scale. L'architettura dell'impianto FV con inverter centralizzato è descritta in figura seguente; questa architettura richiede l'uso di quadri campo CC (definiti anche combiner box o quadri di parallelo stringhe) per il parallelo delle stringhe FV.

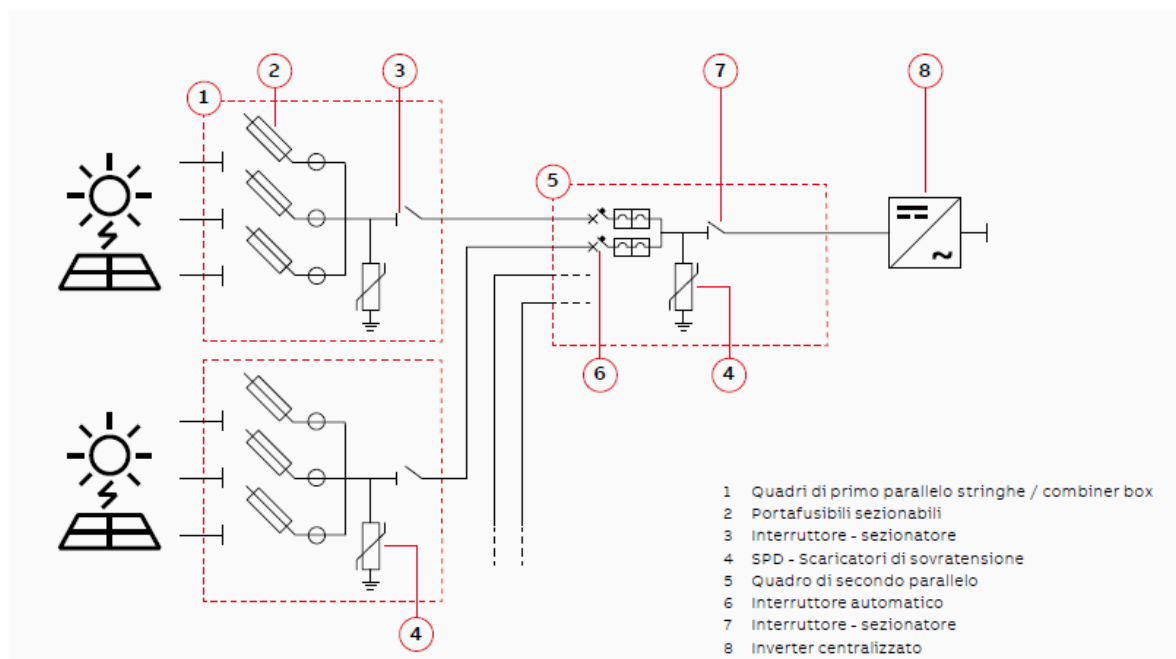


Immagine 5 – schema semplificato impianto con inverter centralizzato

7.3.2 Inverter di stringa

Gli inverter di stringa, fino a qualche anno fa, erano inverter da 1,2 kW a 100 kW.

Al giorno d'oggi gli inverter di stringa sono inverter fino a 500 kW. Le soluzioni con inverter di stringa solitamente possono essere utilizzate in impianti FV di edifici residenziali, commerciali e industriali. Viste le loro dimensioni e semplicità di montaggio, al giorno d'oggi gli inverter di stringa vengono utilizzati anche negli impianti utility scale. L'architettura dell'impianto FV con inverter stringa è descritta in figura seguente.

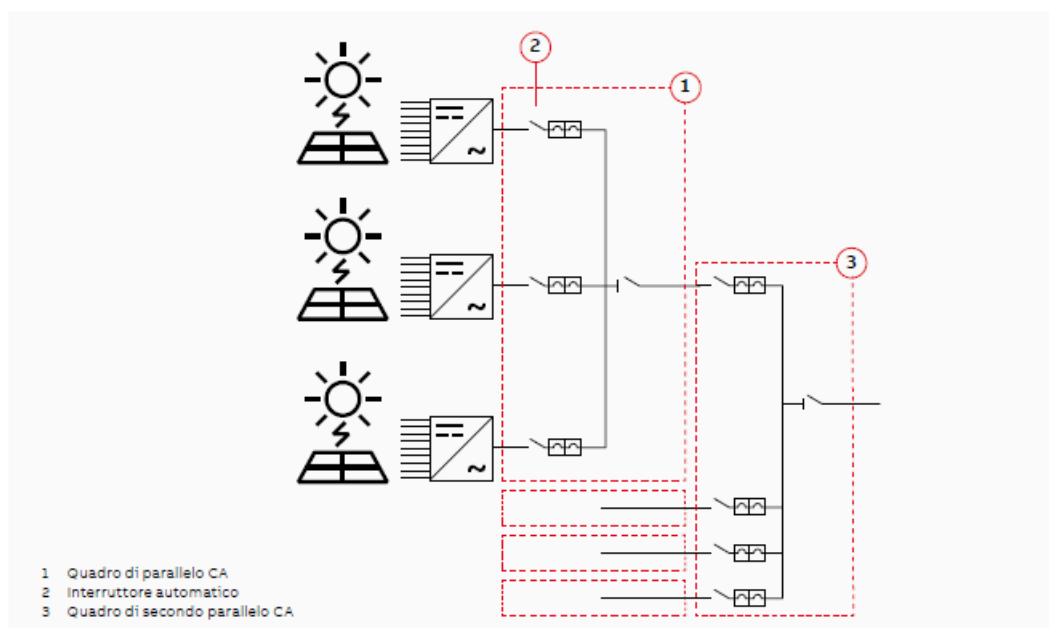


Immagine 6 – schema semplificato impianto con inverter di stringa

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

8. Tabella sinottica dei componenti della sezione fotovoltaica dell'impianto agrivoltaico

Di seguito al fine di evidenziare con maggiore immediatezza le caratteristiche dell'impianto si riportano in forma tabellare i componenti fondamentali della parte fotovoltaica del progetto.

ID SUB - CAMPO	TRACKER 24 MODULI	TRACKER DA 12 MODULI	N. MODULI X SUB CAMPO	POTENZA MODULO (KW)	POTENZA X SUB CAMPO (KW)
SUB - CAMPO 1	477	18	11664	0,67	6973,85
SUB - CAMPO 2	495	0	11880	0,67	7103,00
SUB - CAMPO 3	476	40	11904	0,67	7117,35
SUB - CAMPO 4	491	0	11784	0,67	7045,60
SUB - CAMPO 5	226	6	5496	0,67	3286,03
SUB - CAMPO 6	444	46	11208	0,67	6701,21
SUB - CAMPO 7	440	64	11328	0,67	6772,96
Parziali	3049	174	75264		45000,00

Tabella 2

Come si evince dalla tabella n.2 sopra riportata la parte fotovoltaica del progetto fotovoltaico è stata suddivisa in 7 sub – campi.

Tale suddivisione deriva ed è conforme ai risultati dei calcoli elettrici eseguiti secondo i seguenti obiettivi:

1. utilizzare stazioni di conversione e trasformazioni assemblate in Italia da aziende leader nel settore che dispongono dei servizi di attivazione e assistenza;
2. utilizzare stazioni di conversione e trasformazioni con grado di protezione IP55 che non hanno bisogno di strutture di copertura, condizione che evita complicazioni paesaggistiche;
3. utilizzare stazioni di conversione e trasformazione facilmente installabili;
4. utilizzare string – box (quadri di campo) in numero tale da diminuire al minimo il numero dei cavidotti e cavi da realizzare e installare;
5. utilizzare stazioni di conversione e trasformazione che utilizzano olii biologici per il raffreddamento dei trasformatori, al fine di eliminare complicazioni ambientali
6. realizzare le strade interne al fine di garantire le norme antincendio, l'accesso e il transito dei mezzi operativi nella massima sicurezza;
7. raggiungere la potenza di picco in DC e la potenza di immissione programmata;
8. ridurre le perdite di carico sulle linee DC entro il valore del 2%.

Di seguito si riporta un'immagine esplicativa che mostra la suddivisione della parte fotovoltaica del progetto in sub campi.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------



Immagine 7

9. Progettazione Impiantistica e Meccanica della centrale Agrivoltaica

L'impianto dovrà essere connesso alla rete elettrica di distribuzione nazionale per il tramite della nuova stazione elettrica SE 380/150 kV da realizzare nel Comune di Latiano, quest'ultima da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Brindisi – Taranto N2".

Dalle cabine di raccolta (previste sul lato Nord dell'impianto Agrivoltaico) fino alla stazione di utenza, quest'ultima da realizzare in prossimità della stazione elettrica di Terna, sempre nel Comune di Latiano (BR), la potenza elettrica verrà trasportata tramite un cavidotto a 30 kV in MT con frequenza pari a 50 Hz, di lunghezza pari a circa 15.350 metri.

Nella stazione di utenza tramite idonei trasformatori di potenza, la corrente elettrica sarà trasformata da 30 a 150 Kv. Infine, dalla stazione di utenza la corrente elettrica sarà trasportata e immessa nella stazione di Terna tramite cavidotto in alta tensione a 150KV di lunghezza pari a circa 50/60 metri.

Al fine di salvaguardare la qualità del servizio ed evitare pericoli per le persone e danni per le cose, l'impianto comprenderà idonee protezioni di interfaccia per il collegamento alla rete, in conformità alle norme CEI 0-21, CEI 0-16, CEI 11-15, CEI 11-27. La scelta della tensione del generatore fotovoltaico è effettuata tenendo conto dei limiti di sicurezza nonché della disponibilità e dei costi dei dispositivi da collegare al generatore fotovoltaico senza però trascurare le correnti in gioco. L'impianto di terra è stato progettato secondo le normative vigenti CEI EN 50522, e CEI EN 61936-1.

L'immagine n.4 sotto riportata rappresenta schematicamente i blocchi fondamentali della parte

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

fotovoltaica in progetto.

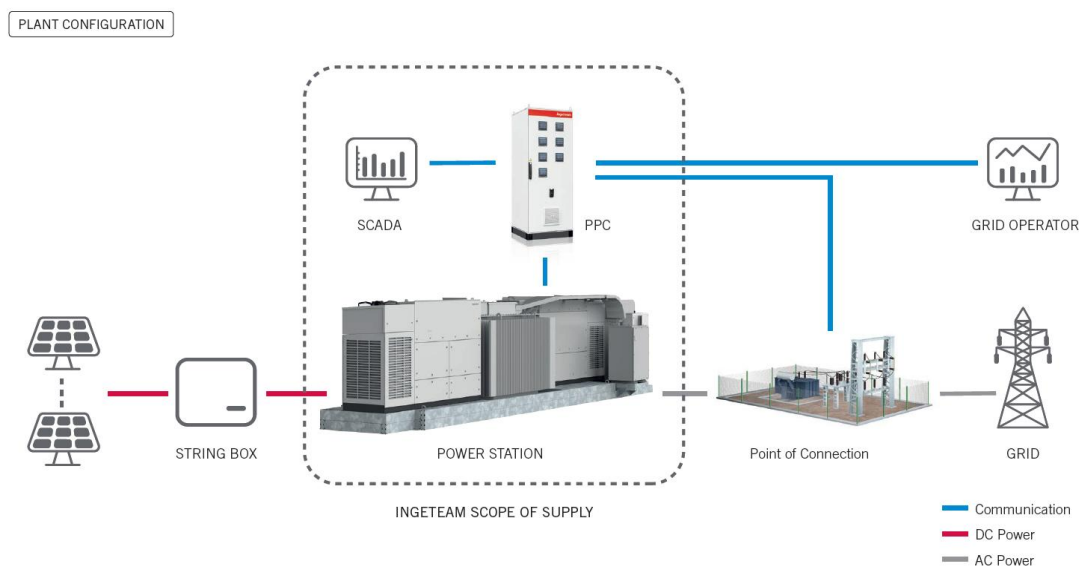


Immagine 8

La parte elettrica e meccanica dell'impianto è distinguibile nei seguenti principali blocchi:

1. generatore fotovoltaico: insieme dei moduli fotovoltaici di norma collegati in serie ed in parallelo;
2. stringhe: insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie in questo caso i moduli sono collegati in serie da 24 moduli;
3. string box: quadri di parallelo stringhe, in questi quadri le stringhe vengono collegate in parallelo tra di esse in funzione dell'architettura di impianto;
4. strutture di sostegno dei moduli ad inseguitore solare: strutture in acciaio zincato o in corten atte a sorreggere i moduli fotovoltaici e orientarne la superficie secondo la migliore esposizione giornaliera;
5. inverter: gruppi di conversione, convertono la corrente elettrica continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata a bassa tensione;
6. trasformatori: elevano la potenza elettrica, prodotta dal generatore fotovoltaico e convertita dagli inverter, da bassa a media tensione;
7. inverter station shelter: stazioni prefabbricate nelle quali trovano alloggio sia gli inverter che i trasformatori;
8. cabine di raccolta: sono le cabine che raccolgono le potenze di uscita da ogni trasformatore di campo;
9. linee elettriche in corrente continua: sono le linee elettriche che convogliano la potenza dal modulo fotovoltaico all'ingresso dei gruppi di conversione passando per il tramite delle string box;
10. linee elettriche in corrente alternata in bassa tensione: sono le linee elettriche che convogliano la potenza all'uscita dei gruppi di conversione verso i trasformatori;
11. linee elettriche in Media Tensione: sono le linee elettriche che trasportano la potenza elettrica in media tensione dai trasformatori alle cabine di raccolta e da quest'ultima alla stazione di utenza;

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

12. stazione di utenza: stazione elettrica di elevazione della potenza prodotta dall'impianto Agrivoltaico da 30 kV a 150 KV;

13. linea alta tensione: linea elettrica che trasporta la potenza in alta tensione 150 KV alla stazione elettrica di Terna.

Di seguito si rappresentano e quantificano in forma tabellare (vedi tabella n.3) i blocchi fondamentali che compongono l'impianto, raggruppati per sub campo.

Inverter Station Number	Inverter Model (1,500 V) INGECON SUN 3Power C series IP65 Protection Rating - Closed loop Liquid Cooling System (LCS)	Inverter Number	PV Module Rated Power (Wp)	Number of PV Modules in Series	PV String Rated Power (kWp)	Number of Strings each electrical transformer	Number of PV modules each inverter	Rated DC Power each Inverter (kWp)	Number of String Combiner Boxes 16 inputs (each Inverter 1,500 V)	Inverter Rated AC Power at 35°C (kVA)	Potenza inalterata in uscita dal trasformatore
1	INGECON SUN 3825TL C630	1	670	24	16,08	486	11.664	7.815	31	3.492	6973,852041
	INGECON SUN 3825TL C630	2	670	24	16,08					3.492	
2	INGECON SUN 3825TL C630	3	670	24	16,08	495	11.880	7.960	31	3.492	7102,997449
	INGECON SUN 3825TL C630	4	670	24	16,08					3.492	
3	INGECON SUN 3825TL C630	5	670	24	16,08	496	11.904	7.976	31	3.492	7117,346939
	INGECON SUN 3825TL C630	6	670	24	16,08					3.492	
4	INGECON SUN 3825TL C630	7	670	24	16,08	491	11.784	7.895	31	3.492	7045,59949
	INGECON SUN 3825TL C630	8	670	24	16,08					3.492	
5	INGECON SUN 3825TL C630	9	670	24	16,08	229	5.496	3.682	15	3.492	3286,033163
6	INGECON SUN 3825TL C630	10	670	24	16,08	467	11.208	7.509	30	3.492	6701,211735
	INGECON SUN 3825TL C630	11	670	24	16,08					3.493	
7	INGECON SUN 3825TL C630	12	670	24	16,08	472	11.328	7.590	30	3.492	6772,959184
	INGECON SUN 3825TL C630	13	670	24	16,08					3.492	
Totali						3.136	75.264	50.426,9	199	45.397	45000

Tabella 3

Dalla tabella n.3 sopra esposta si evince che l'architettura dell'impianto Agrivoltaico è composta da 7 stazioni di conversione e trasformazione del tipo INGECON SUN 3825TL C630, ad ogni stazione sono associate da 229 a 496 stringhe, ne deriva che ad ogni stazione è associata una potenza DC da 7.976 a 3.682 kw. La potenza massima in uscita dalle cabine di raccolta a 35 gradi centigradi è pari a 45, 397 Mw, e sarà autolimitata a 45,00 Mw al punto di connessione tramite il controllore unico di centrale.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.1 Modulo fotovoltaico

Nell'impianto agrivoltaico saranno installati complessivamente 75.264 moduli fotovoltaici del tipo Hi-Mo in silicio monocristallino, del fabbricante Longi, conformi alle norme IEC 61215 e IEC 61730; ogni modulo ha una potenza di 670 W e dimensioni paria a 2.382 mm x 1.134 mm. I pannelli sono ripartiti per ogni inverter come riportato nella tabella n.6. Le schede tecniche 1 e 2, rappresentano le caratteristiche elettriche e meccaniche del modulo fotovoltaico di progetto.



Hi-MO X10 Guardian Anti-Dust

LR7-72HVHF
640~670M

- Equipped with HPBC 2.0 cell, inheriting high-efficiency gene
- Unique frame design effectively reduces the impact of dust accumulation and improves power generation gain throughout the entire lifecycle
- High reliability, stable operation under harsh conditions
- More suitable for industrial and commercial color steel tile roofs and small angle installation scenarios

15 15-year Warranty for Materials and Processing

30 30-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730
 ISO9001:2015: ISO Quality Management System
 ISO14001: 2015: ISO Environment Management System
 ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety
 IEC62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGI






Hi-MO X10

Guardian

Anti-Dust

LR7-72HVHF 640~670M

24.8%
MAX MODULE
EFFICIENCY

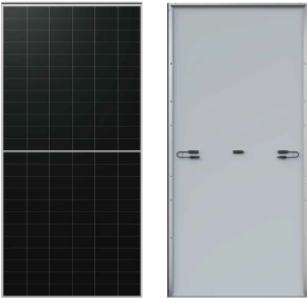
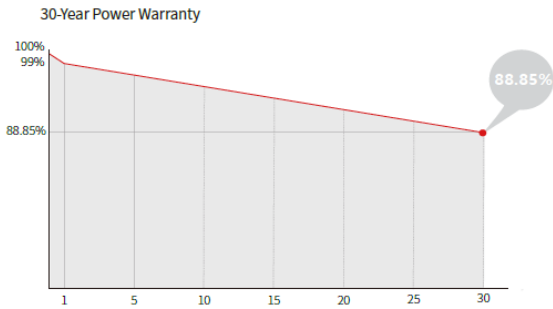
0~3%
POWER
TOLERANCE

<1%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.35%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

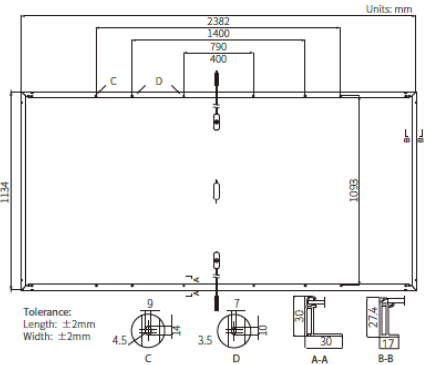
BC-CELL
LOWER OPERATING
TEMPERATURE

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	28.5kg
Dimension	2382×1134×30mm
Packaging	35pcs per pallet / 140pcs per 20' GP / 700pcs per 40' HC



Electrical Characteristics		STC : AM1.5 1000W/m² 25°C				NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s				Test uncertainty for Pmax: ±3%					
Module Type		LR7-72HVHF-640M		LR7-72HVHF-645M		LR7-72HVHF-650M		LR7-72HVHF-655M		LR7-72HVHF-660M		LR7-72HVHF-665M		LR7-72HVHF-670M	
Testing Condition		STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)		640	487	645	491	650	495	655	499	660	502	665	506	670	510
Open Circuit Voltage (Voc/V)		53.70	51.04	53.80	51.13	53.90	51.23	54.00	51.32	54.10	51.42	54.20	51.52	54.30	51.62
Short Circuit Current (Isc/A)		15.13	12.15	15.21	12.22	15.29	12.28	15.37	12.34	15.45	12.41	15.53	12.48	15.61	12.55
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)		44.36	42.15	44.46	42.25	44.56	42.35	44.66	42.44	44.76	42.54	44.86	42.64	44.96	42.74
Current at Maximum Power (Imp/A)		14.43	11.56	14.51	11.63	14.59	11.69	14.67	11.76	14.75	11.82	14.83	11.88	14.91	11.94
Module Efficiency(%)		23.7		23.9		24.1		24.2		24.4		24.6		24.8	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.200%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.260%/°C



Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
LONGi reserves the right of final interpretation. (20240927 V01 Draft)

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.2 String Box

Il progetto prevede n. 199 String box del tipo INGECON SUN String Box, essi sono sostanzialmente dei box combinatori di stringhe FV (fotovoltaiche) progettati per sistemi FV centralizzati basati su inverter INGECON SUN. Lo StringBox è dotato di un efficiente cablaggio DC in ingresso e in uscita con sezionatori CC a piena potenza per una manutenzione sicura. Se utilizzato in combinazione, come nel caso in progetto, con gli inverter centralizzati della serie INGECON SUN le uscite SUN StringBox possono essere monitorate tramite il kit opzionale di monitoraggio del gruppo di ingressi DC. Le String Box sono disponibili in modelli da 8 a 24 ingressi, con tensione massima DC pari a 1500 V. Gli INGECON SUN StringBox offrono la massima flessibilità ed espandibilità nella progettazione del sistema. L'involucro IP65 compatto e robusto è progettato per l'installazione in ambienti esterni, come sistemi montati su tetto e parchi solari di grandi dimensioni o medie dimensioni come nel caso di specie. La serie INGECON SUN StringBox è un combinatore di stringhe passivo dotato di portafusibili DC a prova di contatto, fusibili DC, scaricatori di sovratensione DC indotti da fulmini e sezionatore di carico. L'immagine n.14 e la scheda tecnica n.3 rappresentano le caratteristiche elettriche e meccaniche degli String Box di progetto.



Immagine 9

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

INGECON SUN StringBox 16B - Data Sheet	
STRING COMBINER BOX	
Model	INGECON SUN StringBox 16B
Number of PV strings per input	1
Max. number of connectable PV inputs	16
PV module short circuit current (Isc)	17 A
PV module operating current (Imp)	16 A
Number of protection fuses	32
Maximum total short circuit current	272 A
Maximum DC voltage	1500 Vdc
Operating temperature without derating	-20°C to 45°C
Relative humidity (non-condensing)	15 to 100%
Altitude	2000 m a.s.l.

DESCRIPTION	The INGECON SUN StringBox is designed to minimize system costs by providing the maximum flexibility. Compact and rugged enclosure designed for installation in outdoor environments. Simple and safe connection of the photovoltaic strings on the internal fuse holders.
PROTECTIONS	
Protection rating for outdoor installation	IP65
Mechanical impact resistance	IK08
Fuse protection	For each PV input on positive and negative poles
Surge protective device (SPD)	Type I+II
Fault protection	Total insulation (Class II)
Anti-condensation device	Installed on enclosure
TECHNICAL DATA	
Enclosure type	Outdoor use, polyester reinforced with fiberglass, UV resistant
Fuses type	gPV fuses, 10 x 85, 20 kA
Selected fuses	30 A
Available fuses	15 A, 20 A, 25 A, 30 A
DC switch-disconnector rating	400 A, 2 Poles
DC switch-disconnector handle	External handle, padlockable
Enclosure dimensions	width 930 mm, height 730 mm, depth 260 mm
Weight	40 kg

CONNECTIONS	
PV inputs	
Cable maximum diameter	9 mm
Cable maximum cross-sectional area	16 mm²
PV cables entrance type	8 x cable glands with 4 holes
Connection of the PV input cables	Cable directly connected on fuse-holder terminal
PCE	
Cable diameter range	23..38 mm
Cable maximum cross-sectional area	1 x 400 mm² per pole
Cable glands	2 x M50 cable glands
Connection of the PCE cables	Cable connected on bars, one bar per pole
SPD grounding	
Cable diameter range	7..13 mm
Cable maximum cross-sectional area	1 x 35 mm²
Cable glands	1 x M20 cable gland
Connection of the SPD grounding cable	Cable directly connected on SPD terminal
STANDARD AND DIRECTIVES	
Directives	2014/35/EU
Standards	IEC 61439-2, IEC 60364-7-712

Scheda Tecnica 1

Ad ogni inverter sono connessi n.15/16 string box (vedi tabella n.6).

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.3 Struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici

Il progetto denominato SPV 39 prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici alloggiati su apposite strutture di sostegno denominate "tracker". Le strutture sono di tipo ad inseguimento solare mono assiale: ciò significa che lo scheletro strutturale porta moduli ruota lungo il suo asse di disposizione (nel caso in progetto, i tracker sono disposti lungo l'asse terrestre N-S) permettendo ai moduli di trovarsi sempre in posizione perpendicolare alla direzione di incidenza del raggio solare, determinando un rendimento maggiore confrontato con il rendimento di impianti realizzato con strutture di sostegno fisse convenzionali. L'angolo massimo di tilt di progetto delle strutture è di 35°, che corrisponde ad un angolo pari a 55° rispetto alla verticale (vedi immagine n.15).

I tracker sono stati modellati appositamente per i moduli fotovoltaici impiegati in progetto; nella campata centrale della struttura di sostegno, delle dimensioni tali da consentire l'alloggiamento di 24/12 moduli fotovoltaici, trova posto il motore elettrico che permette la rotazione dell'asse centrale. Ciò permette ad ogni tracker di muoversi in maniera indipendente l'uno dall'altro. Ogni struttura indipendente ha le seguenti dimensioni: 28,67 / 14,46 metri di lunghezza x 2,382 metri di larghezza massima quando disposta parallelamente all'orizzonte. **In fase esecutive dette misure potranno cambiare ragionevolmente del +/- 2%.**

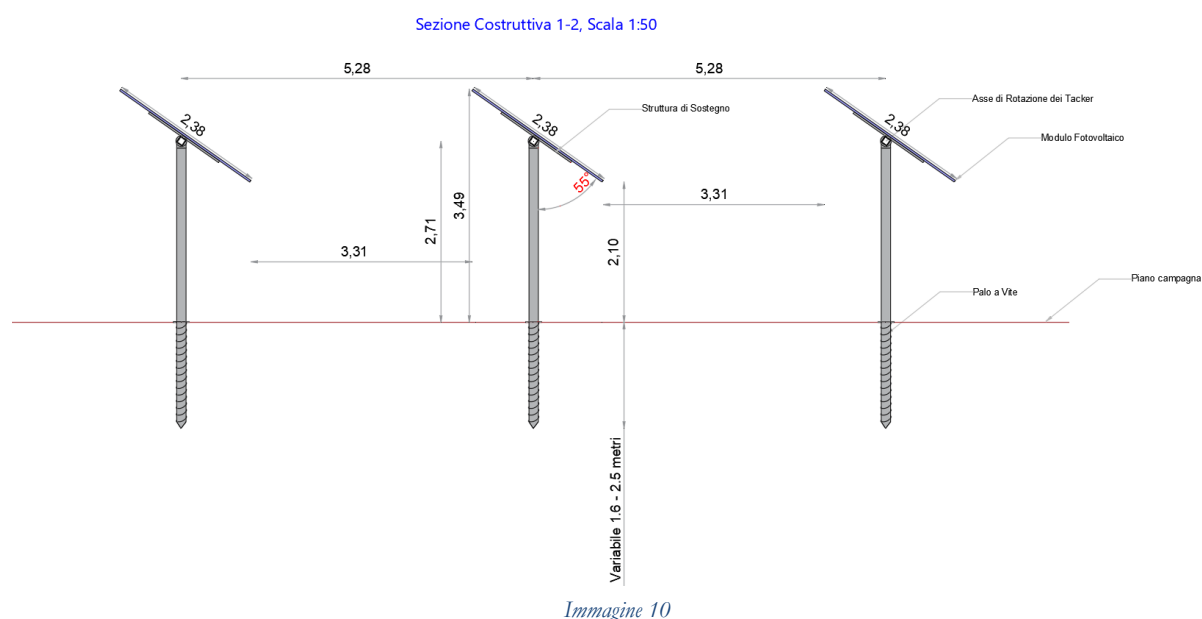
La struttura dei tracker è realizzata in acciaio da costruzione in conformità all' Eurocodice, i componenti esposti agli agenti ambientali sono zincati a caldo onde evitare fenomeni di corrosione che, qualora innescati ridurrebbero la sicurezza di dette strutture. Le strutture portanti di cui sono composti possono resistere alle sollecitazioni provocate da raffiche di vento fino alla velocità limite di 55 km/h; per evitare danni alle persone e alle strutture, prima del verificarsi di dette condizioni limite e cioè in condizioni di ventosità pari a 50 Km/h, si avviano in automatico le procedure di sicurezza che attivano la rotazione dell'asse fino a posizionare le vele, formate dai moduli fotovoltaici, parallelamente al suolo, tale quindi da ridurre al minimo le sollecitazioni dovuti al vento.

I tracker saranno fissati, di norma, al terreno tramite pali infissi direttamente "avvitati", non richiedendo quindi l'utilizzo di basamenti in cemento o altri materiali. La profondità standard di infissione dei pali è compresa da 1,6 a 2,5 metri; tuttavia, in fase costruttiva, data la notevole estensione del terreno impegnato dal progetto, tale valore potrebbe subire modifiche anche non trascurabili, in relazione ai risultati dei calcoli strutturali che saranno effettuati tenendo conto delle caratteristiche geotecniche puntuali del terreno stesso. L'altezza minima dal terreno raggiunta dai pannelli in corrispondenza del maggior angolo di rotazione è di 2,10 metri. La durabilità di dette strutture di sostegno è di circa 30/35 anni, tale da garantire la loro efficienza in tutto il periodo di funzionamento stimato per il progetto.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

La configurazione del generatore fotovoltaico sarà a file parallele con inclinazione dei moduli variabile tra $\pm 55^\circ$ (sulla verticale) e distanza tra le file (pitch, interdistanza tra i pali di fondazione di due file/vele di moduli adiacenti) pari a 5,28 metri. Tale distanza interfilare imposta dai risultati dello studio agronomico è stata in seconda battuta confermata da uno studio preliminare sull'ombreggiamento (si evita che l'ombra prodotta da un tracker infici la produttività e l'efficienza del tracker successivo).

Al progetto meccanico è stato chiesto di adeguare la struttura porta moduli alla dimensione della stringa formata dai moduli in serie, questo ha permesso che il numero delle strutture (indipendenti meccanicamente) coincida pressoché con il numero delle stringhe. Tale sforzo progettuale a livello meccanico ha consentito di semplificare la progettazione a livello elettrico e di conseguenza in questo modo è stato possibile diminuire la quantità dei cavi e dei circuiti elettrici in corrente continua ed eliminare quasi del tutto i relativi cavidotti interrati. Di fatti, in questo modo, è stato possibile evitare cavidotti interrati lungo la direzione dei tracker. L'immagine n.6 che segue mostra la disposizione dei tracker di progetto.



INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.4 Inverter (gruppi di conversione)

L'architettura di impianto è stata ideata con un sistema di inverter centralizzati. Ad ogni inverter sono connesse in parallelo le stringhe che a loro volta sono composte da 24 moduli in serie tra loro (vedi schema elettrico unifilare). Il progetto dell'impianto prevede l'utilizzo di 13 inverter tipo INGECON SUN 3825 (vedi immagine n.18).

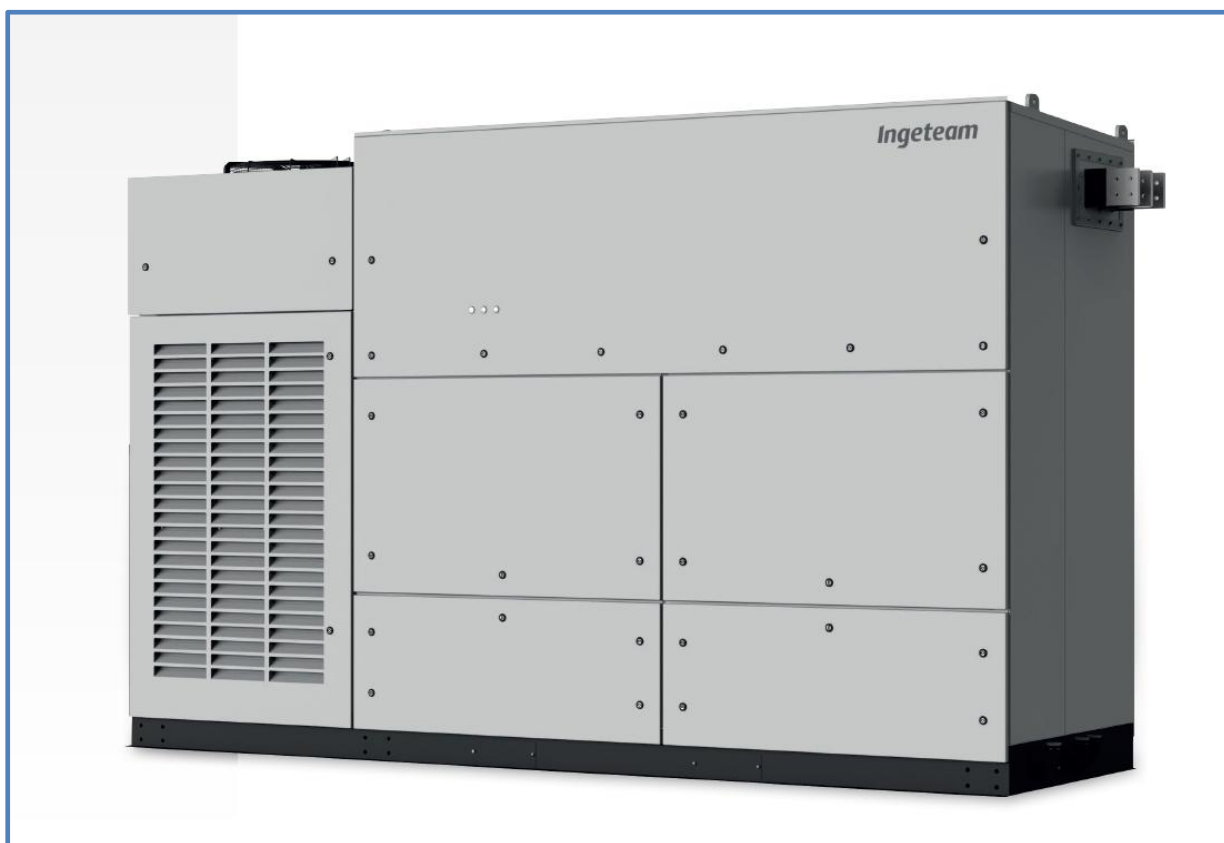


Immagine 11

Gli inverter hanno la funzione di raccogliere la potenza in corrente continua fornita dai moduli fotovoltaici e invertirla in corrente alternata. Gli inverter utilizzati per la progettazione dell'impianto hanno un grado di protezione IP66, protetto quindi contro forti getti d'acqua da qualsiasi direzione e protetto completamente da polveri e fumi. Con questo tipo di inverter è stato quindi possibile optare per una soluzione progettuale più contenuta in termini di scavi e di occupazione di suolo, in quanto tale soluzione prevede l'utilizzo di circa il 90% in meno di cavi elettrici in c.a. rispetto alla soluzione con inverter di stringa. Inoltre, con la soluzione impiantistica a inverter centralizzati risultano semplificate le operazioni di montaggio e di manutenzione. Di seguito si riporta uno stralcio della scheda tecnica dell'inverter previsto.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

Inverter	
Inverter model	INGECON SUN 3825TL C645
Maximum DC input voltage	1500 V
MPP voltage range	916 to 1300 V
Rated output power	3575 kVA @ 35°C, 3407 kVA @ 40°C, 3240 kVA @ 45°C
Rated output voltage	645 V (IT system)
Number of DC inputs with fuses	16 (Available: up to 24 inputs with fuses)
DC fuses	Optional
Protection rating	IP65 (Closed-loop Liquid Cooling System)
Corrosion protection class	C5-H

INGECON

SUN

3Power C Series
1,500 V_{dc}

	INGECON® SUN 3825TL						
	C600	C615	C630	C645	C660	C675	C690
Input (DC)							
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	3,144 - 4,188 kWp	3,222 - 4,293 kWp	3,301 - 4,398 kWp	3,379 - 4,502 kWp	3,458 - 4,607 kWp	3,537 - 4,712 kWp	3,615 - 4,816 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	853 - 1,300 V	874 - 1,300 V	895 - 1,300 V	916 - 1,300 V	937 - 1,300 V	958 - 1,300 V	979 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾				1,500 V			
Maximum current				3,965 A			
N° inputs with fuse-holders				Up to 24			
Fuse dimensions				63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)			
Type of connection				Connection to copper bars			
Power blocks				1			
MPPT				1			

Scheda Tecnica 2

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.5 Trasformatori

Il progetto prevede trasformatori in olio di elevazione BT/MT 630/30.000 V, tutti avranno una tensione primaria generata dai convertitori statici pari a 630 Vac ed una tensione secondaria (in elevazione) di 30 kVac. La scheda tecnica n. 5 rappresenta le caratteristiche elettriche e meccaniche del trasformatore previsto in progetto.

Medium Voltage Transformer	
Vector group	Dy11y11
Transformer type	Liquid filled hermetically sealed LV/MV transformer, Insulating fluid: mineral oil
Cooling system	ONAN
Power losses	Losses according to EU 548/2014 Tier 2 (as amended by EU 2019/1783)
Rated output power	6990 kVA @ 40°C, 6500 kVA @ 45°C
Rated voltage	Primary side: 30 kV, Secondary side: 2 x 630 V
Rated frequency	50 Hz
Primary voltage regulation	± 2 x 2.5%
Winding material	Aluminium / Aluminium
Accessories included:	DGPT2 / DMCR3.0 (oil level, gas discharge, overpressure, oil temperature alarm and trip)
	Pressure release valve, oil filling device, oil draining valve, oil sampling valve
	PT100 sensor for oil temperature, electrostatic shields
	Oil retention tank with filtering system for MV transformer integrated in the skid base frame

Scheda Tecnica 3

Al fine di salvaguardare l'ambiente il progetto ha previsto trasformatori che utilizzano all'interno dei circuiti di raffreddamento fluidi esteri naturali (vedi scheda tecnica n.6)



9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1 Appearance

<i>Form/Physical state</i>	<i>Liquid Oil</i>
<i>Color</i>	<i>Green</i>
<i>Odor</i>	<i>Whiffet</i>
	<i>Value</i>
<i>Solidification point/range (°C)</i>	<i>Not available</i>
<i>Boiling point/range (°C)</i>	<i>>360</i>
<i>Vapour pressure Pa (<1.00x10⁻¹⁰ mmHg) @ 20°C</i>	<i>< 0.01</i>
<i>Melting point (°C)</i>	<i>Not available</i>
<i>Freezing point (°C)</i>	<i>Not available</i>
<i>Flash Point (°C)</i>	<i>310 - 320</i>
<i>Ignition temperature (°C)</i>	<i>Not available</i>
<i>Flame Point (°C)</i>	<i>Not available</i>
<i>Relative density @20°C (g/ cm³)</i>	<i>0,92</i>
<i>Vapor density (Air = 1)</i>	<i>Not available</i>
<i>Vaporization rate</i>	<i>Not available</i>
<i>Solubility in water g/l @ 20°C</i>	<i>Insoluble</i>
<i>Solubility in alcohol</i>	<i>Not available</i>
<i>Viscosity (mPa.s) @20°C</i>	<i>33-35 mm²/s</i>
<i>Partition coefficient n-Octanol/Water (log Po/w)</i>	<i>Not available</i>
<i>Explosive Property</i>	<i>Not available</i>
<i>Oxidation Property</i>	<i>Not available</i>
<i>Water Reactivity</i>	<i>No</i>

scheda tecnica 4

9.6 Stazione di conversione e trasformazione - Inverter station - Shelter

Al fine di minimizzare le opere necessarie alla raccolta delle potenze prodotte dai moduli fotovoltaici, il progetto prevede l'installazione degli inverter e dei trasformatori in un'unica stazione, nome commerciale INGECON SUN FSK C Series Inverter Station. Pertanto, in questo modo si evita di realizzare cabine di contenimento in calcestruzzo armato. Le stazioni sono allestite inoltre con trasformatore BT/BT 600/400 V adibiti all'alimentazione dei servizi ausiliari. Di seguito si riporta l'assonometria della stazione in progetto.

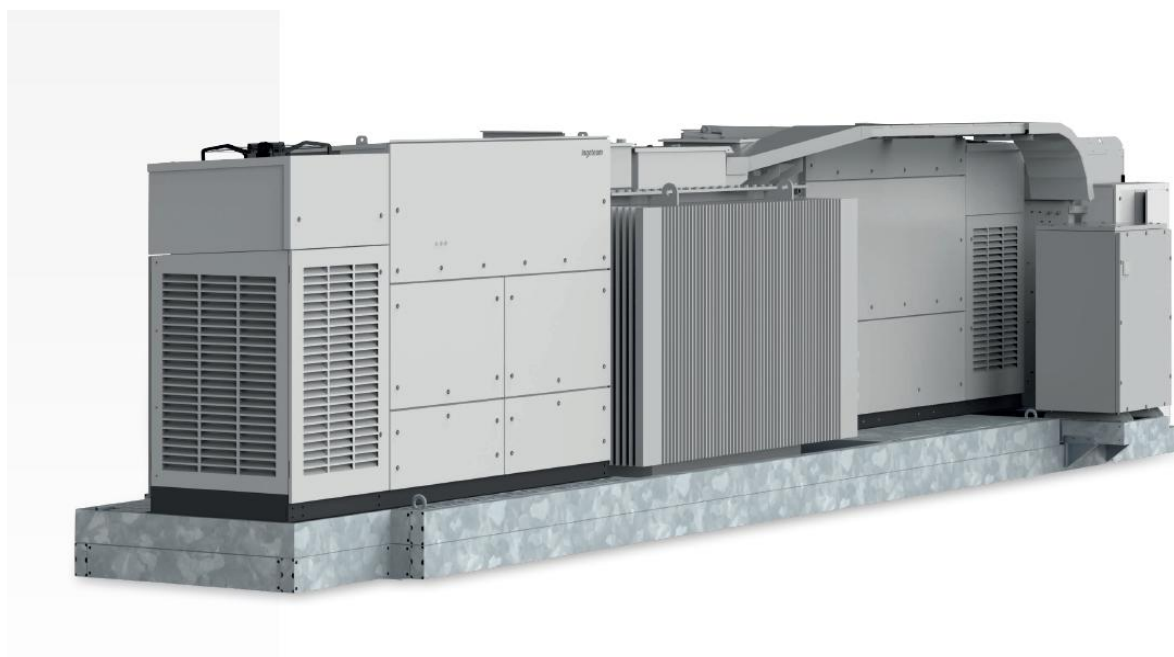


Immagine 12

Di seguito lo schema elettrico sinottico della stazione (immagine n.20).

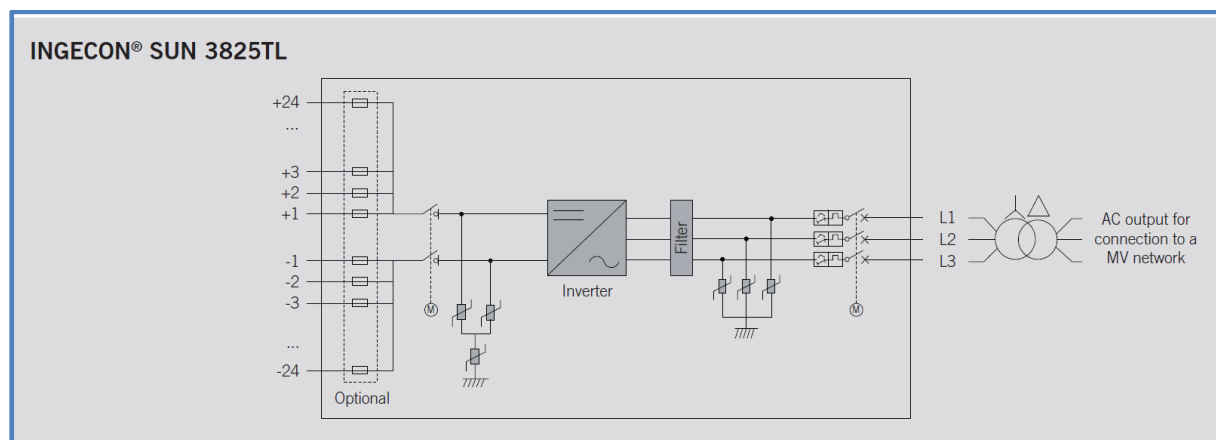


Immagine 13

I componenti della stazione di conversione/trasformazione sono montati su un telaio di base, realizzato in acciaio zincato a caldo. Tutti i componenti inclusi gli inverter sono integrati nel telaio

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

di base, completamente cablati e testati in fabbrica. Lo skid MV viene consegnato preassemblato per un rapido collegamento in loco.

Di seguito si descrive la configurazione della stazione.

- Inverter centrali:

INGECON SUN 3825TL C630 (grado di protezione IP65, sistema di raffreddamento a liquido)

- Trasformatore MT:

Estere biodegradabile, sigillato ermeticamente, 30 kV, design ECO (per Unione Europea)

- Quadro MT (RMU):

Isolato in gas, configurazione 1L1A1L, 36 kV, 630 A, 20 kA 1s, grado di protezione IP54

- Trasformatore BT ausiliario:

Tipo a secco, 20 kVA, custodia di protezione IP54

- Quadro ausiliario BT:

Quadro servizi ausiliari completamente attrezzato, grado di protezione IP55

- Comunicazione:

Fibra ottica monomodale (switch Fast Ethernet, controller I/O remoto)

- UPS:

UPS (24 Vdc) per servizi ausiliari (interruttore quadro MT, comunicazione)

- Connessioni BT:

Connessioni CA dell'inverter (sbarre flessibili isolate con coperture di protezione)

- Connessioni MT:

Cavi MT tra trasformatore MT e RMU

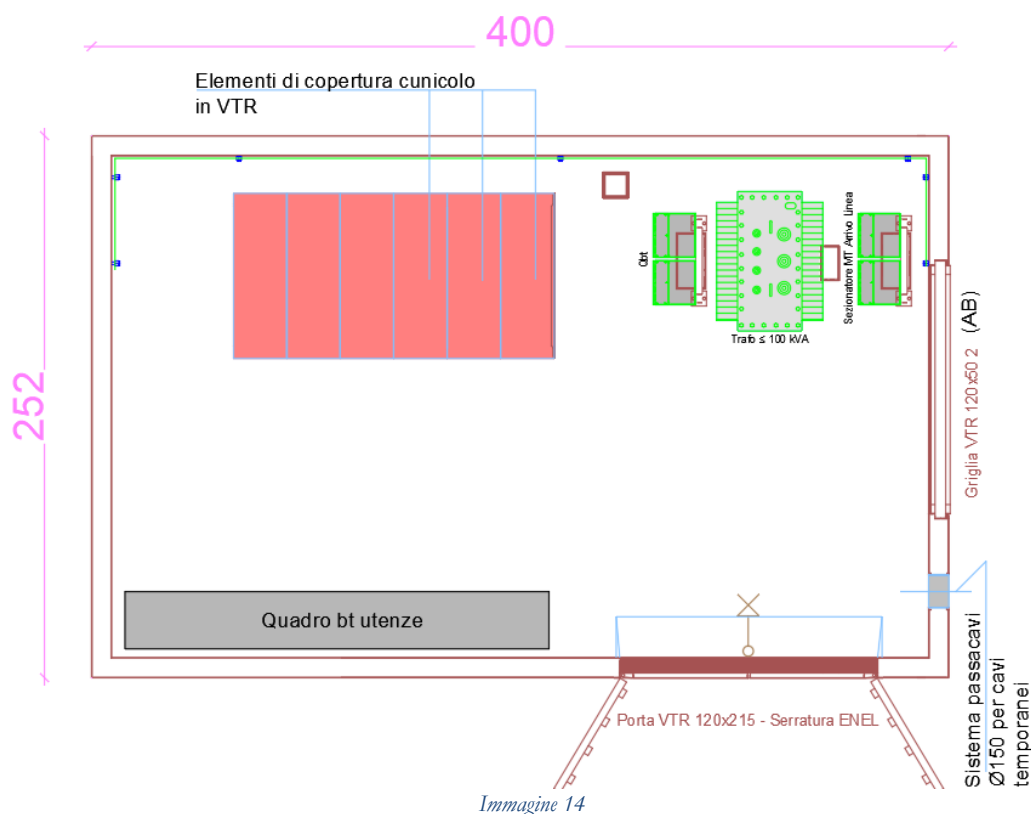
- Vaschetta ritenzione olio:

Serbatoio di ritenzione olio con sistema di filtraggio dell'acqua piovana integrato nel telaio della base skid

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.7 Cabina ausiliaria

Lungo la strada perimetrale del campo saranno installate n.20 cabine ausiliarie, in tali cabine saranno installati i trasformatori in resina MT/BT che trasformeranno la fornitura di corrente elettrica prelevata dalla rete (non prodotta dall'impianto) da MT a BT. Tale fornitura di corrente elettrica sarà utilizzata nelle ore serali e comunque in assenza di potenza elettrica prodotta dal campo fotovoltaico, per alimentare i servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento della parte agronomica e fotovoltaica del progetto. All'interno delle stesse cabine potranno essere installate batterie di accumulo e inverter DC/AC, con lo stesso scopo dei trasformatori, e cioè di alimentare i servizi ausiliari per brevi periodi in assenza di potenza fotovoltaica e in assenza di energia elettrica fornita dalla rete. L'immagine 21 rappresenta le dimensioni in pianta della cabina ausiliaria, l'immagine 22 rappresenta il trasformatore BT/MT.



Di seguito si riportano le caratteristiche elettriche del trasformatore in resina.

Tensione di isolamento: 24kV

Potenza apparente: $P = 100\text{kVA}$

Tensione primaria: $V_{\text{prim}} = 20\text{kV}$

Tensione secondaria: $V_{\text{sec}} = 400\text{V}$

Potenza di assorbimento: $P_o = 252\text{W}$

$U_k = 6\%$



Immagine 15

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

9.8 Cabine di raccolta

L'energia prodotta dai generatori fotovoltaici sarà raccolta, convertita e trasformata come sopra riportato, da 7 stazioni di conversione e trasformazione che colleteranno l'energia in tre cabine prefabbricate. Le dimensioni di detti prefabbricati sono state desunte in modo tale da essere sufficienti e idonee all'alloggiamento delle apparecchiature necessarie per il corretto funzionamento della centrale agrivoltaica e alla sicurezza elettrica e statica della stessa cabina. Di seguito si riportano le apparecchiature da alloggiare nelle cabine:

- quadri di protezione, progettati secondo le Norme CEI specifiche e alle relative regole di sicurezza: CEI 0-16, CEI 0-21, CEI 0-16, CEI 11-15, CEI 11-27, CEI EN 50522, CEI EN 61936-1. I quadri di protezione comprenderanno, scomparti di tipo IM di linea motorizzati, scomparti di tipo UM per derivazione per servizi ausiliari, trasformatori di tensione (TV) e di corrente (TA), cordoni per collegamento ai trasformatori, gruppi di misura, apparecchi per telecontrollo, e quant'altro occorre per garantire il corretto funzionamento della centrale fotovoltaica e del cavidotto di connessione.

L'impianto di terra della cabina sarà realizzato tramite anello interrato esterno (posto ad 1 m dal perimetro della cabina) in treccia di rame nudo 1x35/50 mm² e n. 4/8 picchetti di terra in profilato di acciaio, sezione a T, di lunghezza 1600 mm. All'interno della cabina tutte le masse metalliche sono collegate all'impianto di terra generale.

Come sopra accennato la cabina elettriche sarà del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato comprensive di vasca di fondazione prefabbricata in c.a.v. con porta di accesso e griglie di areazione in vetroresina, impianto elettrico di illuminazione, copertura impermeabilizzata con guaina bituminosa e rete di messa a terra interna ed esterna. Le pareti esterne dovranno essere trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sul manufatto, l'inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura. Le dimensioni di detta cabina sono 7,52 x 2,52 x 2,70 (h) metri. Al fine di eliminare l'impatto paesaggistico tutte le cabine prefabbricate, dopo il montaggio, saranno rivestite in pietra locale con la tecnica del montaggio a secco.

L'immagine 23 rappresenta le dimensioni in pianta delle cabine di raccolta.

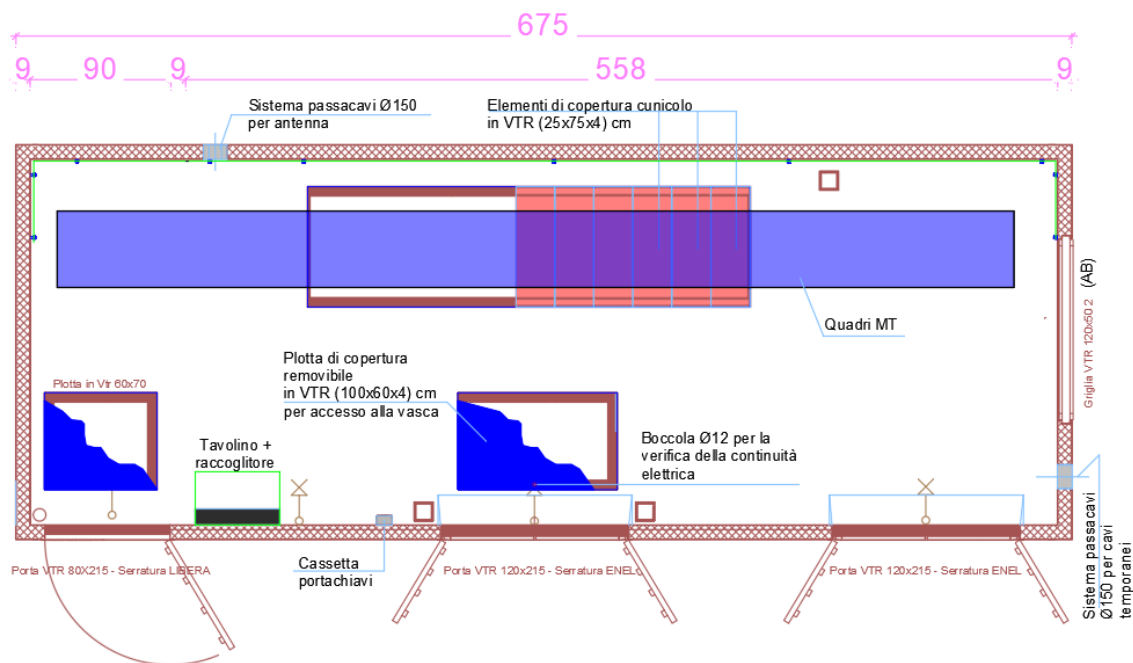


Immagine 16

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

10. Irraggiamento solare

Nel nucleo del Sole avvengono incessantemente reazioni di fusione termonucleare a milioni di gradi che liberano enormi quantità di energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche. Parte di questa energia raggiunge l'esterno dell'atmosfera terrestre con un irraggiamento medio (costante solare) di circa $1367 \text{ W/m}^2 \pm 3\%$ che varia in funzione della distanza Terra-Sole e dell'attività solare (macchie solari). Per irraggiamento solare si intende l'intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria [kW/m^2]. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro della radiazione solare. Nell'attraversare l'atmosfera la radiazione solare si attenua, poiché in parte viene riflessa ed assorbita (soprattutto dal vapore d'acqua e dagli altri gas atmosferici). La radiazione che prosegue viene parzialmente diffusa dall'aria e dalle particelle solide in sospensione nell'aria.

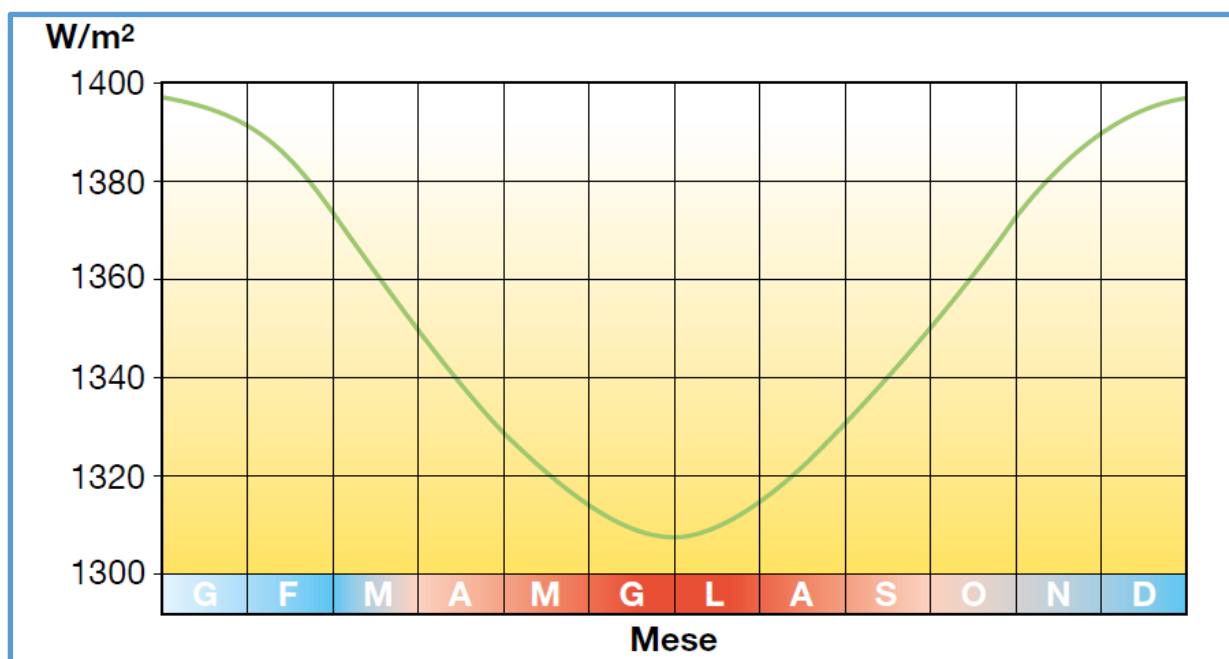
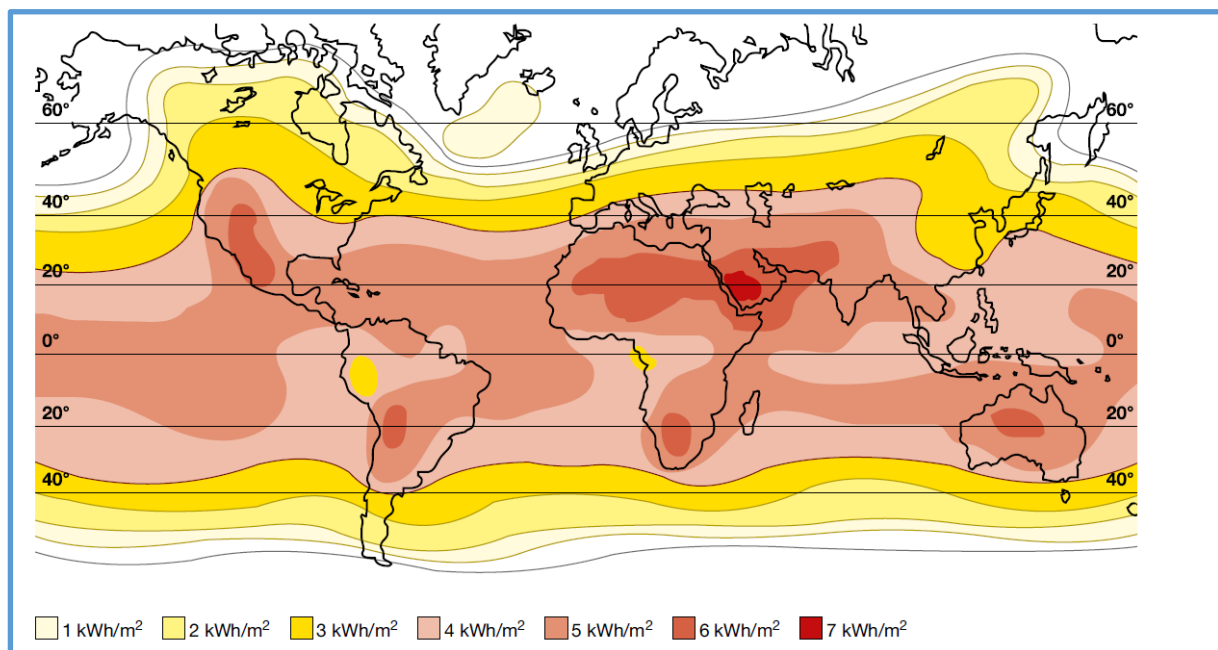


Immagine 17 – irraggiamento solare

Per radiazione solare s'intende l'integrale dell'irraggiamento solare su un periodo di tempo specificato [kWh/m^2]. La radiazione che giunge su una superficie orizzontale è pertanto composta da una radiazione diretta, associata all'irraggiamento diretto sulla superficie, da una radiazione diffusa che arriva sulla superficie dal cielo in ogni direzione e da una radiazione riflessa dal terreno e dall'ambiente circostante una data superficie. D'inverno e con il cielo coperto la componente diffusa è molto maggiore di quella diretta. Nella figura sotto riportata è rappresentato l'atlante solare mondiale della radiazione media solare sul piano inclinato 30° Sud [$\text{kWh/m}^2/\text{giorno}$].

*Immagine 18 – atlante solare*

In Italia la radiazione media annuale varia dai 3.6 kWh/m²/giorno della Pianura Padana ai 4.7 kWh/m²/giorno del centro sud e ai 5.4 kWh/m²/giorno della Sicilia.

In località favorevoli, come il sito oggetto della presente proposta progettuale, è possibile raccogliere annualmente circa 2000 kWh/m², l'equivalente energetico di 1.5 barili di petrolio per metro quadrato annuo.

11. Condizioni di misura per la potenza nominale dei generatori fotovoltaici (STC)

I principali fattori che influenzano l'energia elettrica prodotta da un generatore fotovoltaico sono:

1. irradianza sul piano dei moduli misurato in W/m^2 ;
2. Temperatura.

La curva caratteristica di un modulo fotovoltaico varia in funzione dell'irradianza sul piano del modulo stesso W/m^2 secondo quanto rappresentato in Figura.

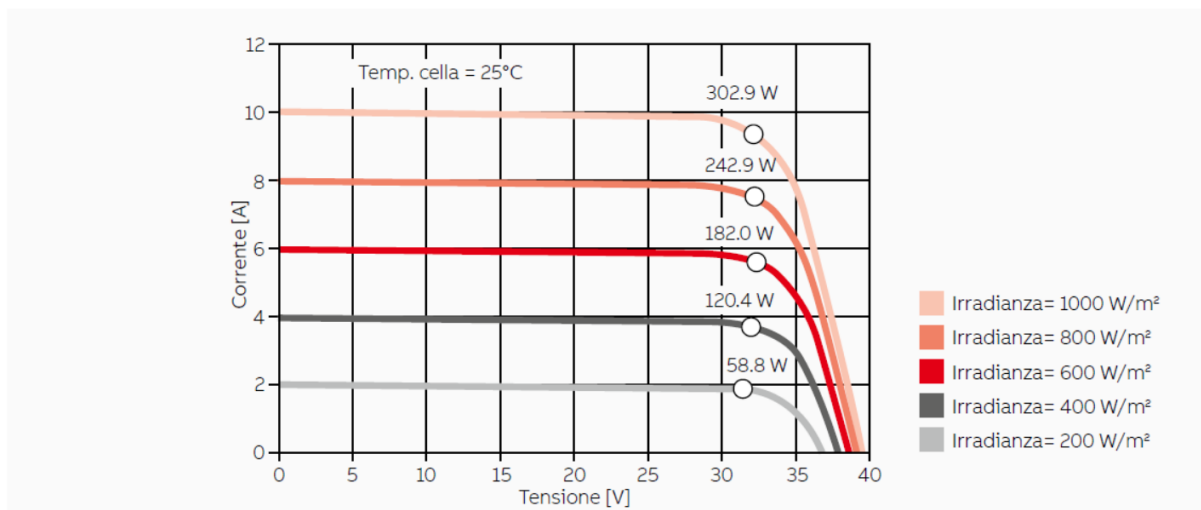


Immagine 19 – curva caratteristica modulo fotovoltaico in funzione dell'irraggiamento

Quando l'irraggiamento diminuisce, la corrente FV generata diminuisce in maniera proporzionale; allo stesso momento anche la tensione a circuito aperto si riduce ma in maniera molto meno rilevante. La curva caratteristica di un modulo fotovoltaico varia in funzione della temperatura secondo quanto rappresentato in Figura.

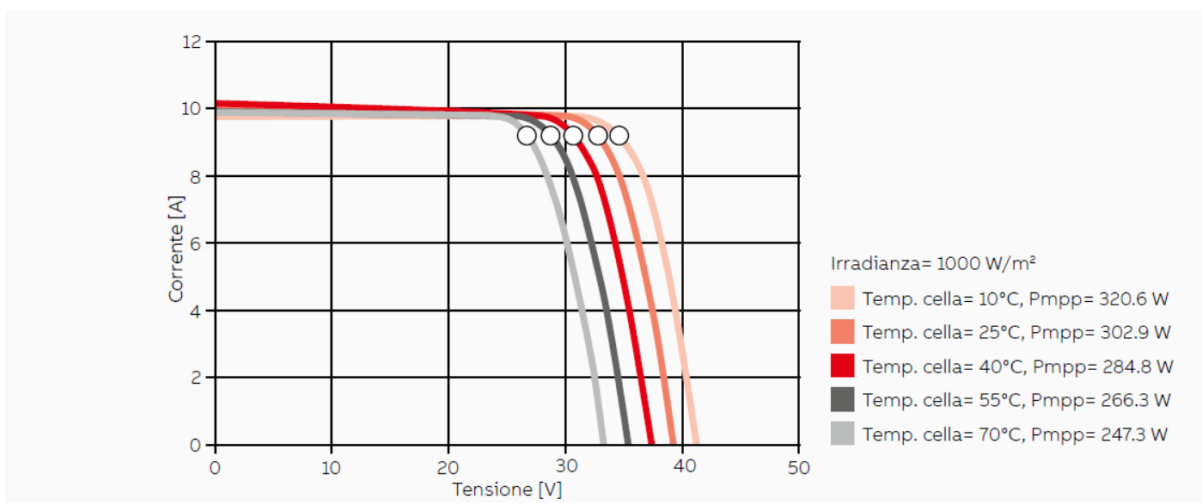


Immagine 20 – curva caratteristica modulo fotovoltaico in funzione della temperatura

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

Quando la temperatura dei moduli FV aumenta, la corrente prodotta rimane praticamente invariata, mentre la tensione diminuisce e con essa le prestazioni del modulo FV in termini di potenza elettrica prodotta.

Le prestazioni elettriche di un modulo fotovoltaico vengono generalmente espresse in condizioni Standard (STC) e quindi ad una ben determinata temperatura e ad una ben determinata irradianza. GSTC = irradianza in condizioni standard = 1000 W/m².

TSTC = temperatura standard di cella = 25°C.

Anche la massa d'aria influenza la produzione di energia FV poiché rappresenta un indice dell'andamento della densità spettrale di potenza della radiazione solare. Quest'ultima, infatti, ha uno spettro con una lunghezza d'onda caratteristica di W/m² che varia anche in funzione della densità dell'aria. Nel diagramma di Figura la superficie grigia rappresenta la radiazione perpendicolare alla superficie terrestre, assorbita dall'atmosfera, mentre la superficie rossa rappresenta la radiazione solare che raggiunge realmente la superficie terrestre; la differenza tra la pendenza delle due curve dà un'indicazione della variazione dello spettro dovuta alla massa d'aria.

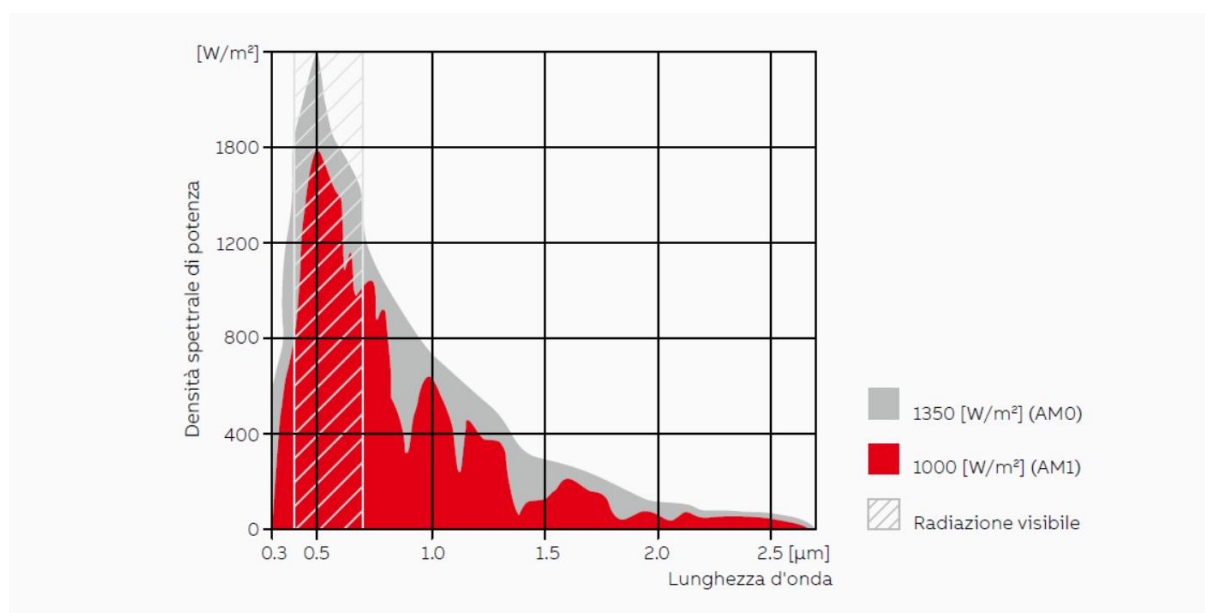


Immagine 21 - Spettro della radiazione solare

In condizioni STC la massa dell'aria viene considerata ad AM = 1,5.

L'indice di massa d'aria AM è calcolato come segue:

$$AM = \frac{P}{P_o \cdot \sin(h)}$$

in cui:

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

P è la pressione atmosferica misurata nel punto e nell'istante considerati [Pa];

P_o è la pressione atmosferica di riferimento al livello del mare [$1,013 \times 10^5$ Pa];

h è l'angolo zenitale, cioè l'angolo di elevazione del Sole sopra l'orizzonte locale nell'istante considerato.

I valori notevoli di AM sono:

$AM = 0$ fuori dall'atmosfera, dove $P = 0$;

$AM = 1$ al livello del mare in un giorno con cielo sereno e sole allo zenit ($P = P_o$, $\sin(h) = 1$);

$AM = 2$ a livello del mare in una bella giornata con il sole ad un angolo di 30° sopra l'orizzonte ($P = P_o$, $\sin(h) = 1/2$).

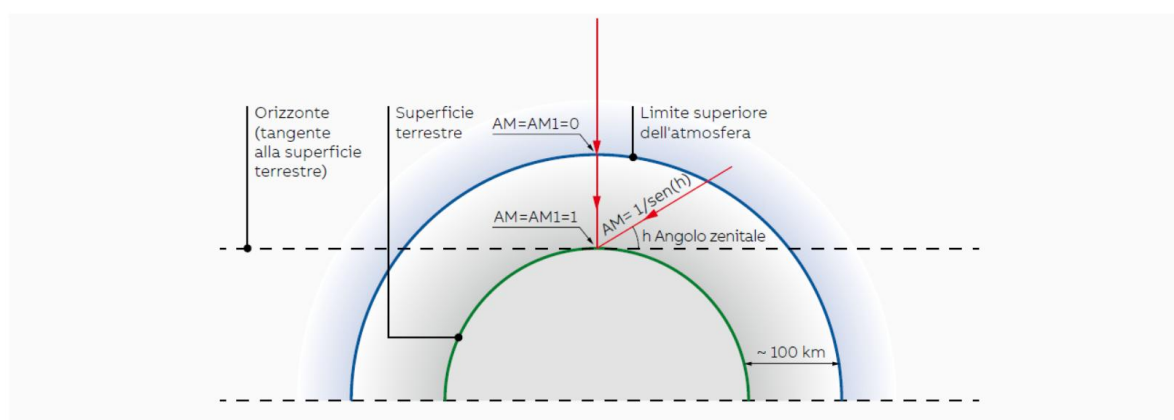


Immagine 22 - Identificazione di $AM1.5$

La massima efficienza di un generatore fotovoltaico si raggiungerebbe quando l'angolo di incidenza dei raggi solari è a 90° rispetto alla superficie dei moduli fotovoltaici.

L'incidenza della radiazione solare sul generatore fotovoltaico varia sia in base alla latitudine del sito di installazione che alla declinazione solare durante l'anno (la declinazione solare è l'angolo che i raggi del Sole formano con il piano equatoriale terrestre; la declinazione varia nel corso dell'anno fra $+23,45^\circ$, solstizio d'estate - 21 giugno, e $-23,45^\circ$, solstizio d'inverno - 21 dicembre).

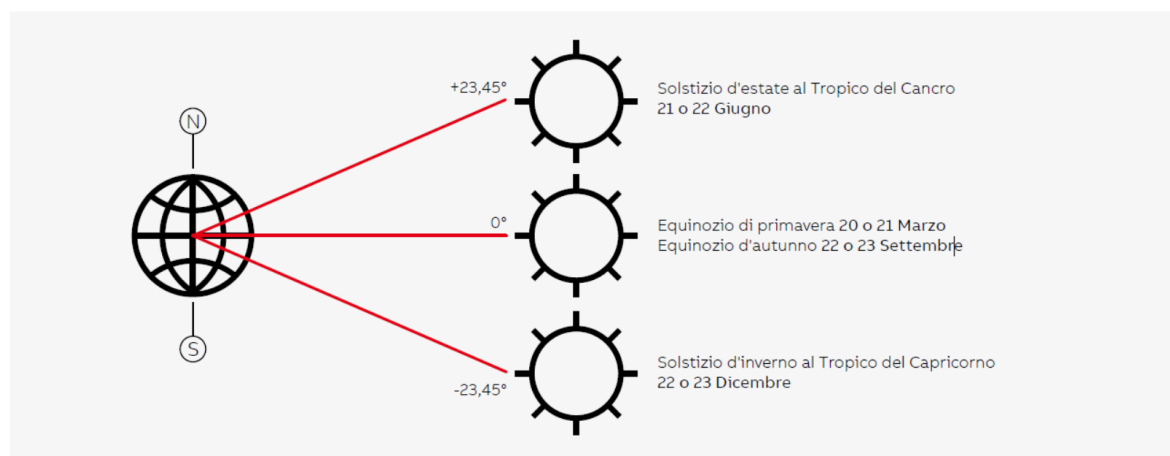


Immagine 23 – inclinazione solare

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

Se vogliamo inclinare i moduli del generatore fotovoltaico in modo che possano essere colpiti perpendicolarmente dai raggi solari a mezzogiorno del giorno più lungo dell'anno, è necessario conoscere l'altezza massima (in gradi) che il Sole raggiunge sopra l'orizzonte in quell'istante; tale valore si può ottenere con la seguente formula:

$$\beta = 90 - lat + \delta$$

lat è il valore (in gradi) della latitudine del sito di installazione dei pannelli, δ è l'angolo di declinazione solare [23,45°].

Trovando l'angolo complementare di β ($90^\circ - \beta$), è possibile ottenere l'angolo di inclinazione β dei moduli rispetto al piano orizzontale (CEI 82-25/1) in modo che i moduli fotovoltaici del generatore fotovoltaico siano colpiti perpendicolarmente dai raggi solari nell'istante sopra indicato.

Tuttavia, non è sufficiente conoscere l'angolo α per determinare l'orientamento ottimale dei moduli. È necessario prendere in considerazione anche il percorso del Sole nel cielo nei diversi periodi dell'anno e quindi l'angolo di inclinazione deve essere calcolato tenendo conto di tutti i giorni dell'anno.

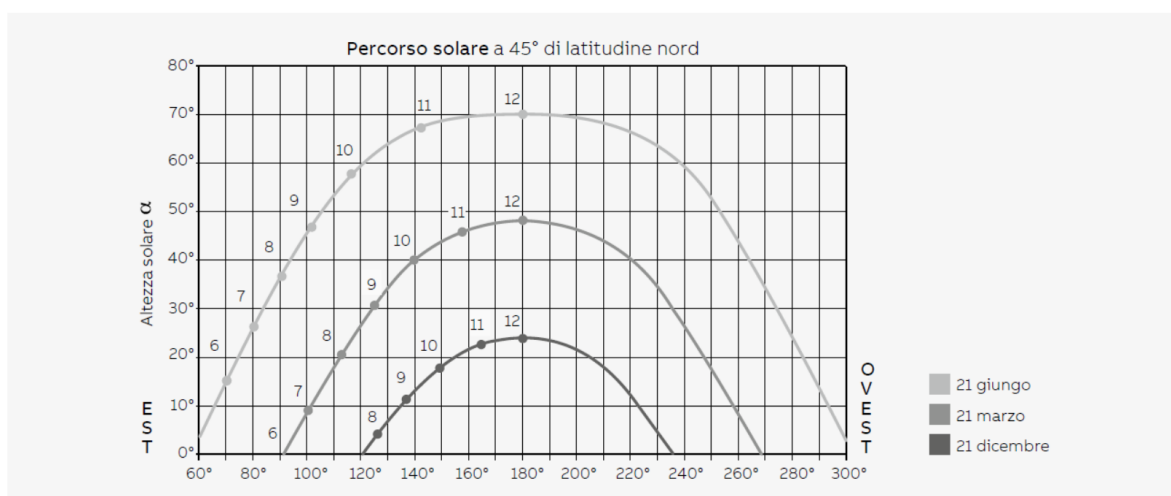


Immagine 24 - Percorso solare a 45° di latitudine nord

12. Radiazione Globale Orizzontale (GHI) e Radiazione Globale Inclinata (GTI)

I valori della radiazione solare globale media sul piano orizzontale (GHI) nel luogo di installazione possono essere ricavati da:

1. Standard nazionali: ad esempio, per l'Italia i valori della radiazione solare media sono indicati nella norma UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
2. Database pubblici: ad esempio, per l'Europa e l'Africa database PVGIS-ESRA; per il mondo database WRDC; per gli USA database NASA-SSE.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

La radiazione solare globale annua sul piano orizzontale per un determinato sito può variare da una fonte all'altra anche del 10%, poiché i dati sono frutto dall'elaborazione statistica di dati raccolti in periodi diversi. Di conseguenza, i valori di insolazione hanno un significato probabilistico, in quanto rappresentano un valore atteso, non certo.

I dati sulla radiazione solare globale disponibili sui database sono valori medi sul piano orizzontale in un arco di tempo definito. Tuttavia, i moduli e gli impianti fotovoltaici sono generalmente installati con un angolo inclinato rispetto al piano orizzontale o su sistemi ad inseguimento, al fine di massimizzare l'irraggiamento ricevuto in piano. Pertanto, i valori della radiazione solare globale sul piano orizzontale non sono rappresentativi della radiazione solare globale disponibile sulla superficie del modulo e diventa necessario stimare la radiazione sul piano inclinato (GTI).

Per stimare i valori delle componenti del fascio e della diffusione su superfici inclinate esistono diversi modelli nella bibliografia scientifica che utilizzano come dati di input i valori di radiazione sul piano orizzontale delle componenti di radiazione globale e diffusa e/o del fascio. Ad esempio, il modello di stima implementato in PVGIS è quello sviluppato da Muneer T. (1990) che può essere classificato come anisotropo a due componenti; le sue prestazioni sono simili a quelle di altri modelli più complessi, come quelli anisotropi a tre componenti sviluppati da Perez o Reindl.

Un confronto tra i diversi modelli di stima della radiazione solare sul piano inclinato si può consultare nel documento scientifico di Gracia Amillo e Huld (Link).

Considerando la complessità dei modelli, è consigliabile l'uso di strumenti di calcolo per ottenere il valore della Radiazione Globale Inclinata (GTI) [kWh/m²].

Per il set di dati sulla radiazione in Europa e in Africa, uno strumento di riferimento è PVGIS-ESRA. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.

Sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma ENEA e utilizzando i metodi di calcolo ENEA-SOLTERM, è possibile calcolare la radiazione globale annua del sito proposto in progetto.

La tabella seguente rappresenta la radiazione solare giornaliera media su base mensile relativa al sito di cui trattasi.

Latitudine: 40°38.8';

Longitudine: 17°31.0'

Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: ENEA-SOLTERM.

Risultato:

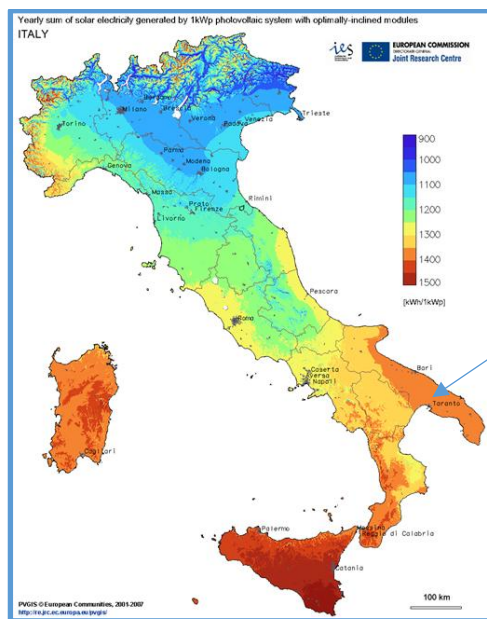
Mese	Ostacolo	Rggmm su sup.orizz.	
Gennaio	assente	6.57	MJ/m ²
Febbraio	assente	9.20	MJ/m ²
Marzo	assente	13.72	MJ/m ²

Aprile	assente	18.42	MJ/m ²
Maggio	assente	22.13	MJ/m ²
Giugno	assente	24.87	MJ/m ²
Luglio	assente	25.60	MJ/m ²
Agosto	assente	22.85	MJ/m ²
Settembre	assente	16.49	MJ/m ²
Ottobre	assente	11.22	MJ/m ²
Novembre	assente	7.17	MJ/m ²
Dicembre	assente	5.82	MJ/m ²

Tabella 4 – radiazione solare mensile

Radiazione globale annua sulla superficie orizzontale è pari a 5613 MJ/m², (anno convenzionale di 365.25 giorni).

Tramite la radiazione globale annua è possibile stimare, come evidenziato dall'immagine sotto riportata, i Kwh prodotti in un anno da un impianto di 1 kilowatt di picco su tutto il territorio nazionale.



Sito oggetto dell'intervento in progetto

Immagine 25-kwh su territorio nazionale

Come già accennato al fine di stimare in modo più preciso la produzione di energia dell'impianto agrivoltaico in progetto, risulta necessario considerare oltre che la sua posizione geografica, anche la modalità di installazione dei moduli fotovoltaici. Per la centrale proposta, i moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguitore solare mono-assiale con asse Nord – Sud.

Considerando la tipologia di installazione dei moduli e la posizione geografica della centrale agrivoltaica, è stato possibile calcolare in modo dettagliato l'energia prodotta, tramite il sito https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/.

13. Calcolo produzione impianto in progetto

La produzione dell'impianto in progetto (con moduli posizionati su strutture ad inseguitore solare monoassiale) è pari a 98.462.097,04 kwh/anno come evidenziato dall'immagine n. 26 sotto riportata, pari a 1.268.841 kwh/ha/anno, pari 1,26 Gwh/ha/anno.

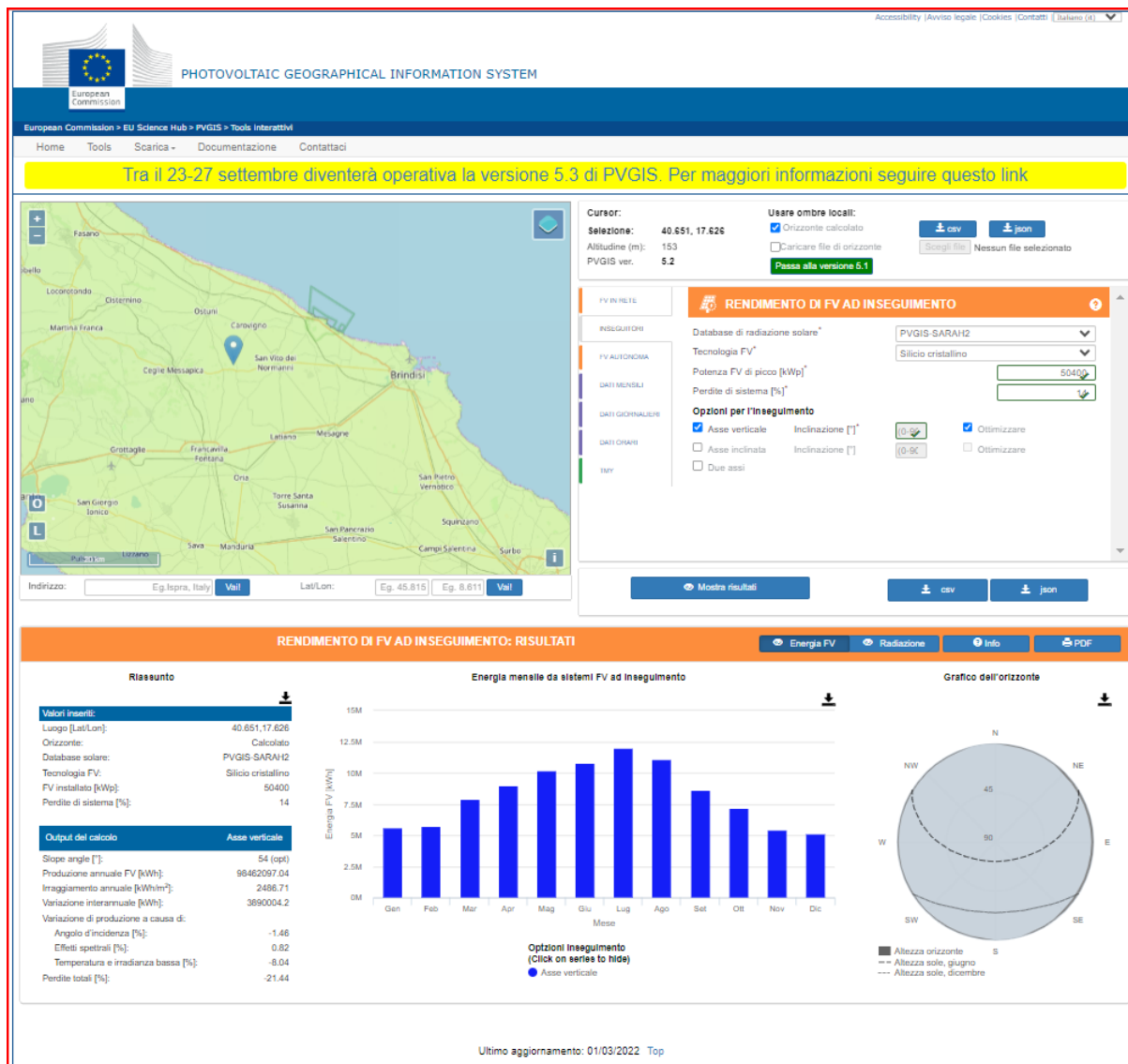


Immagine 26

Per una comprensione migliore si riportano in forma tabellare i risultati di calcolo evidenziate dalle immagini sopra riportate.

Valori inseriti

Luogo [Lat/Lon]: 40.648, 17.617

Valori inseriti:

Orizzonte: Calcolato

Database solare: PVGIS-SARAH2

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

Tecnologia FV: Silicio cristallino

FV installato [kWp]: 50400

Perdite di sistema [%]: 14

Output del calcolo

Asse: verticale

Slope angle [°]: 54 (opt)

Produzione annuale FV [kWh]: 98462097.04

Irraggiamento annuale [kWh/m2]: 2486.71

Variazione interannuale [kWh]: 3890004.2

Variazione di produzione a causa di Angolo d'incidenza [%]: -1.46

Effetti spettrali [%]: 0.82

Temperatura e irradianza bassa [%]: -8.04

Perdite totali [%]: -21.44

Si può quindi affermare che le soluzioni tecnologiche adottate per la realizzazione dell'impianto in progetto, generano una produzione di energia fotovoltaica rinnovabile adeguata agli investimenti da sostenere.

INGENIUM Studio di Ingegneria Dell'Ing. Francesco Ciraci	PROGETTO SPV 39 – CEGLIE - CASAMASSIMA Potenza Richiesta ai fini della Connessione 45,00 MW Potenza Nominale Impianto Produzione 50,4 MW	FFK SPV 1 SRL
---	---	----------------------

14. Emissioni gas serra evitate

Le emissioni associate alla generazione elettrica da combustibili tradizionali sono riconducibili mediamente a:

CO2 (anidride carbonica): 1.000 g/kWh;

SO2 (anidride solforosa): 1,4 g/kWh;

NOX (ossidi di azoto): 1,9 g/kWh.

Pertanto, la sostituzione della produzione di energia elettrica da combustibile tradizionale con quella prodotta dall'impianto agrivoltaico SPV39 CASAMASSIMA pari a circa 98.462.097,04 KWh all'anno, consentirà per ogni anno della sua vita la mancata emissione dei gas serra come computati nella tabella che segue.

kwh Impianto anno	Gas Serra	g/kwh	KG tot anno	KG tot 30 anni
98462097	CO2	1000	98462097	2953862910
	SOX	1,4	137846,9358	4135408,074
	NOX	1,9	187077,9843	5612339,529

Tabella 5

Ceglie Messapica

10/02/2025

Ing. Ciraci Francesco