



REGIONE
CAMPANIA



PROVINCIA DI
AVELLINO



COMUNE DI
LACEDONIA



COMUNE DI
BISACCIA

OGGETTO:

“Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)”

ELABORATO:

Relazione tecnica elettrica



PROPONENTE:



ABEI ENERGY GREEN ITALY IV S.R.L.
VIA VINCENZO BELLINI, 22
00198- ROMA (RM)
P.IVA 16335511008

PROGETTAZIONE:



Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.31	R			A.31_Relazione_tecnica_elettrica	
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MW_p e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 1 di 58</p>
---	---	--

Sommario

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	5
2.1	Dati generali del progetto	5
2.2	Normativa tecnica di riferimento.....	6
3	DESCRIZIONE DI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI	12
3.1	Pannelli fotovoltaici	12
3.2	Stringhe	14
3.3	Strutture di supporto	16
3.4	Fissaggio del modulo.....	17
3.5	Cablaggio delle stringhe.....	17
3.6	Messa a terra	18
3.7	Collegamento equipotenziale	19
3.8	Supporto per quadri elettrici	20
3.9	Inverter Centralizzati	20
3.10	Trasformatore.....	22
3.11	Configuratore impianto.....	25
4	ASPETTI ENERGETICI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	26
4.1	Stima della producibilità e verifica requisito B.2	26
5	CAVI	31
5.1	Cavi AT.....	31
5.2	Cavi MT.....	33
5.3	Cavi BT(DC)	35

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 2 di 58</p>
---	--	--

5.4	Cavi BT(AC)	37
6	CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE	39
6.1	Protezione generale	39
6.2	Protezione contro i contatti diretti	39
6.3	Protezione contro i contatti indiretti	40
6.4	Protezioni dai sovraccarichi	42
6.5	Protezione conduttori contro il corto circuito	42
6.6	Cartelli	43
6.7	Materiale per l'esercizio e la manutenzione.....	44
6.8	Mezzi di estinzione.....	44
6.9	Qualifica del personale.....	45
6.10	Apparecchiature e componenti	45
6.10.1	Cavi	45
6.10.2	Connessioni elettriche	45
6.10.3	Materiali isolanti.....	46
6.10.4	Sezionatori.....	46
6.10.5	Interruttori.....	47
6.10.6	Interruttori di manovra	47
6.10.7	Relè di protezione.....	48
6.10.8	TA e TV di protezione	48
6.10.9	Trasformatori.....	49
6.10.10	Pulsanti di sgancio della cabina	50
6.10.11	Protezione contro i fulmini.....	51
6.10.12	Protezioni contro le tensioni di passo e contatto.....	51
6.11	Protezioni delle apparecchiature da sovratensioni	51
6.12	Impianto di terra	51
6.12.1	Realizzazione dell'impianto di terra	51
6.12.2	Verifica dell'impianto di terra.....	52
	ALLEGATO 1: SCHEDE TECNICHE PANNELLI FOTOVOLTAICI	53
	ALLEGATO 2: SCHEDE TECNICHE INVERTER	55
	ALLEGATO 3: SCHEDE TECNICHE TRASFORMATORE	56

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">Relazione tecnica elettrica</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 4 di 58</p>
---	--	---

1 PREMESSA

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico e delle relative opere di connessione da ubicare nel comune di Lacedonia (AV). In particolare, l'impianto in oggetto sarà ubicato nel comune di Lacedonia a circa 3 Km in linea d'aria in direzione sud rispetto al nucleo urbano di Lacedonia, a circa 5 km a ovest dal centro urbano di Bisaccia e a circa 5,2 km a sud-est rispetto al centro urbano di Aquilonia, a nord-est di Bosco Cuccari.

La zona dove verranno alloggiati i pannelli ricade completamente in area montuosa ad una quota compresa tra 650 e 780 m s.l.m..

L'impianto sarà costituito da un totale di 51352 moduli suddivisi in 7 sottocampi in cui i moduli sono organizzati in 1834 stringhe, ciascuna costituita da 28 moduli. La potenza di picco complessiva installata sarà di 34,406 MWp. Questa relazione descrive in dettaglio i diversi elementi progettuali dell'impianto fotovoltaico e i criteri di scelta utilizzati. Alla fine della relazione si allega anche le schede tecniche dei moduli fotovoltaici e degli inverter.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 5 di 58</p>
---	--	---

2 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

2.1 Dati generali del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica. L'impianto situato a circa 3 Km in linea d'aria in direzione sud rispetto al nucleo urbano di Lacedonia, a circa 5 km a ovest dal centro urbano di Bisaccia e a circa 5,2 km a sud-est rispetto al centro urbano di Aquilonia, a nord-est di Bosco Cuccari. L'area interessata dalla realizzazione del parco è caratterizzata da un suolo principalmente agricolo con un paesaggio costituito da vasti campi destinati a seminativo intervallati da boschi di ulivi, distese di vigneti e frutteti. La zona dove verranno alloggiati i pannelli ricade completamente in area montuosa ad una quota compresa tra 650 e 780 m s.l.m. I pannelli fotovoltaici utilizzati all'interno del sito, saranno installati a terra tramite strutture fisse 4H con una inclinazione di 30°. Tali strutture sono realizzate tramite un reticolato in acciaio. La soluzione proposta consente la realizzazione di una singola vela composta da 28 moduli su ogni struttura (4 righe e 7 colonne). Le strutture saranno fissate sul terreno ad una altezza pari a 1,5 m e una distanza tra le vele pari a 3m. I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa". L'energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici agli inverter, i quali trasformeranno le grandezze elettriche di tipo continuo (DC) in grandezze di tipo alternato (AC). Da qui, mediante cavi interrati, l'energia viene condotta alle cabine di trasformazione, incrementando il voltaggio fino alla tensione (MT) 30kV tramite l'installazione di macchine elettriche statiche definiti Trasformatori. A valle dell'ultima cabina di campo, l'energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla futura Sotto Stazione Elettrica (SSE), il cui compito sarà quello di elevare la tensione da 30kV fino a 36kV, necessario per il collegamento alla Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), come indicato dalla Soluzione Tecnica Minima messa a disposizione da TERNA S.P.A.

L'impianto è caratterizzato da una potenza di picco installata in corrente continua di 34,406 MWp ed è suddiviso in 7 "sottocampi", collegati a 4 cabine di campo di trasformazione.

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 6 di 58</p>
---	--	---

2.2 Normativa tecnica di riferimento

I riferimenti normativi riportati di seguito non risultano completamente esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

- **D.M. 37/08** - Norme per la sicurezza degli impianti;
- **D.lgs. 81/08** – Testo Unico sulla salute e Sicurezza sul Lavoro;
- **Legge n. 186 del 01.03.68** - Costruzione e realizzazione di materiali e impianti a regola d'arte;
- **Legge 1 marzo 1968, n. 186:** disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione e impianti elettrici ed elettronici.
- **Legge 9 gennaio 1991, n. 10:** norma per l’attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- **Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79:** attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica.
- **Decreto Ministero dell’Ambiente 22 dicembre 2000:** finanziamento ai comuni per la realizzazione di edifici solari fotovoltaici ad alta valenza architettonica.
- **Direttiva CE 27 settembre 2001, n. 77:** sulla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato dell’elettricità (2001/77/CE).
- **D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380:** Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- **Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003:** attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità.
- **Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004:** Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137
- **Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006:** Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006).

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 7 di 58</p>
---	--	---

- **Decreto Ministero Sviluppo Economico del 10 settembre 2010:** Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili. (G.U. n. 219 del 18 settembre 2010)
- **Decreto legislativo n. 28 del 3 marzo 2011:** Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE (G.U. n. 71 del 28 marzo 2011);
- **Decreto Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 30 marzo 2015:** Linee guida per la verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale dei progetti di competenza delle regioni e province autonome, previsto dall'articolo 15 del decreto- legge 24 giugno 2014, n. 91, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 agosto 2014, n. 116.
- **Sicurezza:**
 - **D.Lgs. 81/2008 (testo unico della sicurezza):** misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
 - **DM 37/2008:** sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.
- **Norme Tecniche**
 - **CEI 0-2** - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
 - **CEI 0-16** - Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
 - **CEI 11-1** - Impianti elettrici con tensione superiore a 1000 V in corrente alternata;
 - **CEI 11-20** - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
 - **CEI 11-35** - Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale;
 - **CEI 11-37** - Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
 - **CEI 17-13** - Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (Quadri BT);
 - **CEI 17-63** - Sottostazioni prefabbricate ad alta tensione/bassa tensione;

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 8 di 58</p>
---	--	---

- **CEI 64-8** - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- **CEI 81-10/1 (EN 62305-1)** - "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali";
- **CEI 81-10/2 (EN 62305-2)** - "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio";
- **CEI 81-10/3 (EN 62305-3)** - "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone";
- **CEI 81-10/4 (EN 62305-4)** - "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";
- **CEI 81-3** - "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico";
- **CEI 20** - Guida per l'uso di cavi in bassa tensione;
- **CEI UNEL 35024/1** - Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- **CEI UNEL 35027** - Cavi di energia per tensione nominale U superiore ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico - Portate di corrente in regime permanente - Generalità per la posa in aria ed interrata;
- **CEI EN 60904-1(CEI 82-1):** dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.
- **CEI EN 60904-2 (CEI 82-2):** dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.
- **CEI EN 60904-3 (CEI 82-3):** dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- **CEI EN 61727 (CEI 82-9):** sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete.
- **CEI EN 61215 (CEI 82-8):** moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- **CEI EN 61646 (82-12):** moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MW_p e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 9 di 58</p>
---	---	--

- **CEI EN 50380 (CEI 82-22):** fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.
- **CEI 82-25:** guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.
- **CEI EN 62093 (CEI 82-24):** componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.
- **CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31):** compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $I_n = 16$ A per fase).
- **CEI EN 60555-1 (CEI 77-2):** disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.
- **CEI EN 60439 (CEI 17-13):** apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- **UNI EN 12464-1** Illuminazione nei luoghi di lavoro
- Serie composta da:
 - **CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1):** apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS).
 - **CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2):** prescrizioni particolari per i condotti sbarre
 - **CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3):** prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso -Quadri di distribuzione (ASD).
- **CEI EN 60445 (CEI 16-2):** principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- **CEI EN 60529 (CEI 70-1):** gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- **CEI EN 60099-1 (CEI 37-1):** scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata.
- **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.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 10 di 58</p>
---	--	--

- **CEI EN 62305 (CEI 81-10):** protezione contro i fulmini.
 - Serie composta da:
 - **CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1):** principi generali.
 - **CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2):** valutazione del rischio.
 - **CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3):** danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
 - **CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4):** impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture.
 - **CEI 81-3:** valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
 - **CEI 0-2:** guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
 - **CEI 0-3:** guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati.
 - **UNI 10349:** riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
 - **CEI EN 61724 (CEI 82-15):** rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.
 - **CEI 13-4:** sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.
 - **CEI EN 62053-21 (CEI 13-43):** apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).
 - **CEI EN 62053-23 (CEI 13-45):** apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).
 - **CEI 64-8, parte 7, sezione 712:** sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione.
 - **TICA:**
 - **Delibera ARG-elt n.90-07:** attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 19 febbraio 2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici.
 - **Delibera ARG-elt n. 99-08 TICA:** testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA).
 - **Delibera ARG-elt n. 161-08:** modificazione della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 13 aprile 2007, n. 90/07, in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici.

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 11 di 58</p>
---	--	---

- **Delibera ARG-elt n. 179-08:** modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 12 di 58</p>
---	--	--

3 DESCRIZIONE DI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI

Nei paragrafi seguenti sono riportati in dettaglio i principali elementi progettuali riguardanti produzione, conduzione e consegna dell'energia elettrica.

3.1 Pannelli fotovoltaici

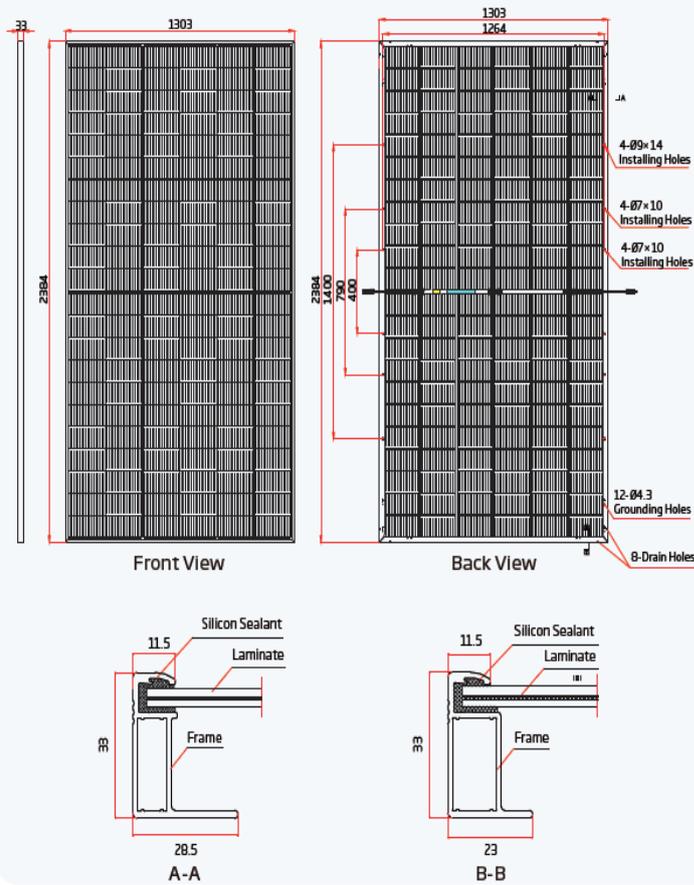
Al fine di ottimizzare la produzione di energia, l'impianto agrivoltaico in progetto sarà composto da moduli Vertex N della tipologia TSM-NEG21C.20 prodotti dalla TRINA SOLAR. Questi pannelli sfruttano la tecnologia di fabbricazione delle celle PERC (Passivated Emitter and Rear Cell), celle di silicio monocristallino. I moduli con tecnologia PERC si caratterizzano per uno strato posteriore passivante, in grado di riflettere e recuperare la luce non assorbita dal wafer. In questo modo è possibile ottimizzare la cattura degli elettroni, sfruttandone il maggior numero possibile per ogni cella e trasformando in elettricità una maggior quantità di energia solare. L'impianti che utilizzano celle di tipo PERC hanno il vantaggio di ottenere efficienze maggiori rispetto alle celle solari standard, che stanno raggiungendo i loro limiti fisici. Allo stato attuale della tecnologia, è possibile ottenere un guadagno assoluto fino all'1% in termini di efficienza. Di seguito nel testo e nella Figura 1 sono riportate le principali caratteristiche dei moduli che verranno utilizzati. Il dettaglio di tutte le caratteristiche è riportato nella scheda tecnica allegata alla presente relazione.

Caratteristiche principali modulo

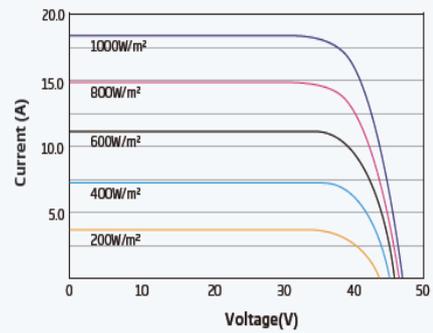
- Produttore: TRINA SOLAR;
- Modello: Vertex N-TSM-NEG21C.20;
- Tipologia: PERC;
- Potenza di picco: 670Wp;
- Tensione massima di sistema: 1500V;
- Efficienza del modulo: 21.6%;
- Tensione a circuito aperto (Voc a STC): 47V;
- Corrente di corto circuito (Isc a STC): 18,10 A;
- Dimensioni: 2384 × 1303 × 33 mm;
- Peso: 38.3kg.



DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(675W)



P-V CURVES OF PV MODULE(675 W)

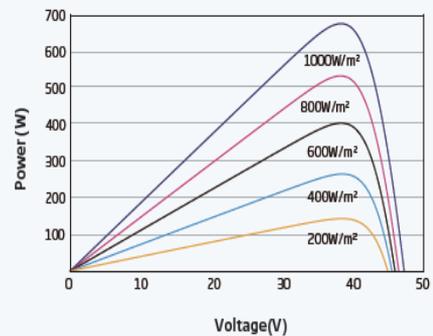


Figura 1 - Caratteristiche dei moduli TRINASOLAR.

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	670	675	680	685	690
Power Tolerance- P_{MAX} (W)			0 ~ +5		
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	40.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.09	17.12	17.16	17.19	17.23
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.0	47.2	47.4	47.7	47.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.10	18.14	18.18	18.21	18.25
Module Efficiency η_m (%)	21.6	21.7	21.9	22.1	22.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	724	729	734	740	745
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	40.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.46	18.49	18.53	18.57	18.61
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.0	47.2	47.4	47.7	47.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.55	19.59	19.63	19.67	19.71
Irradiance ratio (rear/front)			10%		

Product bifaciality: 80±5%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	510	514	517	521	526
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	36.8	37.0	37.2	37.3	37.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	13.86	13.89	13.91	13.94	13.96
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.5	44.7	44.9	45.2	45.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	14.59	14.62	14.65	14.67	14.71

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 33 pieces
Modules per 40' container: 594 pieces

Figura 2. Caratteristiche tecniche dei moduli TRINASOLAR.

3.2 Stringhe

I moduli appena descritti saranno collegati in serie in modo tale da formare una "stringa". Per questo progetto sono previste stringhe composte da 28 moduli. Pertanto, essendo la potenza nominale di ciascun modulo pari a 670WP, ogni stringa produce una potenza pari a:

$$28 \times 670 \text{ WP} = 18,76 \text{ kWp}$$

In Tabella 1 sono riportate le caratteristiche dei moduli e delle stringhe.

Tabella 1. Dati nominali dei pannelli.

DATI PANNELLO			
Marca		Vertex N TRINASOLAR	
Modello		-TSM-NEG21C.20	
Potenza nominale (STC)	P_{max}	W	670
Tensione alla potenza massima	V_{MPP}	V	39.2
Corrente alla potenza massima	I_{MPP}	A	17,09
Tensione circuito aperto	V_{OC}	V	47

Corrente di corto circuito	I_{sc}	A	18,10
Efficienza del modulo	Eff	%	21,6
Stringa			
Numero moduli			Tipologia di stringa
Potenza massima	P_{MAX}	kW	18,35
Tensione alla potenza massima	V_{MPP}	V	1097,6
Tensione circuito aperto	V_{oc}	V	1316
Corrente alla potenza massima	I_{MPP}	A	17,09
Corrente di corto circuito	I_{sc}	A	18,1
Calcoli per variazione di temperatura			
Temperatura STC	T_{STC}	°C	25
Coefficiente di temperatura per I_{sc}	$\alpha_{I_{sc}}$	%/°C	0,04
Coefficiente di temperatura per V_{oc}	$\beta_{V_{oc}}$	%/°C	-0,24
Coefficiente di temperatura per P_{MAX}	$\gamma_{P_{mp}}$	%/°C	-0,30
Temperatura minima	T_{min}	°C	-10
Temperatura massima	T_{max}	°C	70
Numero moduli			28
Tensione minima stringa	V_{min}	V	1173,87
Tensione massima stringa	V_{max}	V	1426,54
Corrente massima stringa (70°)	I_{max}	A	18.43

Dove:

V_{min} STRINGA è la tensione minima V_{MPP} della stringa alla massima temperatura ambiente del sito (70°C) calcolata come segue:

$$V_{min} = V_{MPP(25^\circ)} (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot \Delta T) = V_{MPP(25^\circ)} (1 + \beta_{V_{oc}} (70-25))$$

$$V_{min} = \mathbf{1173,87 V}$$

V_{max} STRINGA è la tensione massima V_{oc} della stringa alla minima temperatura ambiente del sito (-10°C) calcolata come segue:

$$V_{\max} = V_{oc(25^{\circ})} (1 + \beta_{Voc} \cdot \Delta T) = V_{oc(25^{\circ})} (1 + \beta_{Voc} (-10-25))$$

$$V_{\max} = 1426,54 \text{ V}$$

I_{\max} STRINGA è la corrente massima I_{MPP} della stringa a condizioni STC alla massima temperatura ambiente del sito (70°C) calcolata come segue:

$$I_{\max} = I_{MPP(25^{\circ})} (1 + \alpha_{Isc} \Delta T) = I_{MPP(25^{\circ})} (1 + \alpha_{Isc} (70-25))$$

$$I_{\max} = 18,43 \text{ A}$$

3.3 Strutture di supporto

I pannelli fotovoltaici in oggetto saranno installati a terra tramite strutture fisse 4H con una inclinazione di 30°. Tali strutture sono realizzate tramite un reticolato in acciaio. La soluzione proposta consente la realizzazione di una singola vela composta da 28 moduli su ogni struttura (4 righe e 7 colonne). Le strutture saranno fissate sul terreno ad una altezza pari a 1,5 m e una distanza tra le vele pari a 3m.



Figura 3: Strutture fisse 4H

3.4 Fissaggio del modulo

Il fissaggio dei moduli sarà effettuato mediante morsetti, rivetti o bulloni come mostrato dalle Figure 3 e 4. La soluzione di montaggio sarà validata dal fornitore del modulo una volta definito il modello di modulo da utilizzare nel progetto.

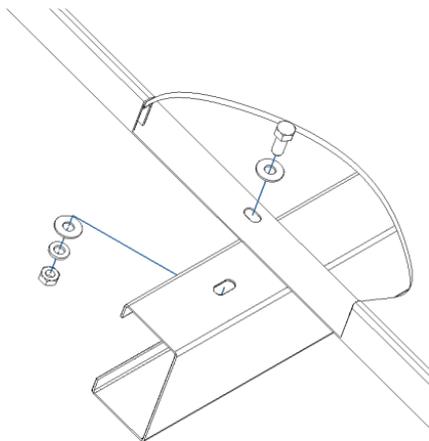
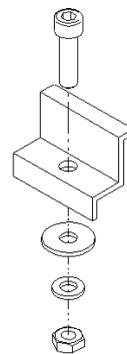


Figura 4: Fissaggio con vite

LATERAL CLAMP



CENTRAL CLAMP

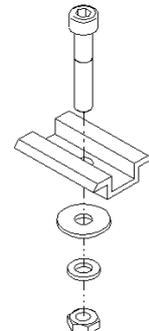


Figura 5: Morsetti di fissaggio

3.5 Cablaggio delle stringhe

I cavi di cablaggio delle stringhe verranno installati nei profili che costituiscono gli arcarecci, utilizzandoli come canale per cavi. Un particolare delle stringhe è riportato in Figura 6.



Figura 6: Cablaggio stringhe.

3.6 Messa a terra

I pali che sosterranno le strutture sono caratterizzati dalla presenza di due fori per determinare la lunghezza minima e massima di infissione nel terreno (Figura 7). Tra questi due fori, il foro superiore è utilizzato per il sistema di messa a terra ed è caratterizzato da un diametro di 9 mm. Tali collegamenti si rendono necessari al fine di realizzare un percorso preferenziale alle possibili correnti di guasto ed evitare la comparsa di eventuali tensioni di contatto pericolose.

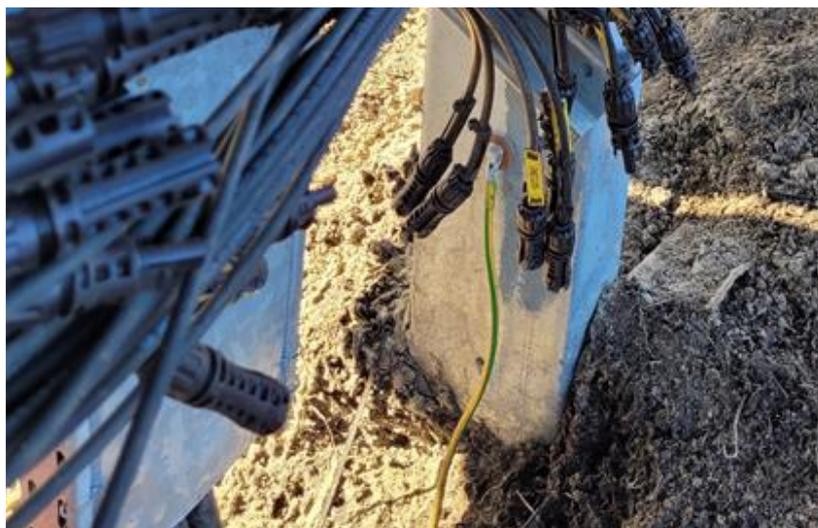


Figura 7: Messa a terra

3.7 Collegamento equipotenziale

Per il collegamento tra i vari moduli saranno utilizzate piastre di collegamento equipotenziale e gli arcarecci per rendere equipotenziale la struttura. Il sistema equipotenziale mantiene il contatto tra i diversi componenti metallici garantendo lo stesso potenziale e quindi prevenendo scosse elettriche. Un particolare del collegamento equipotenziale è riportato in Figura 7.

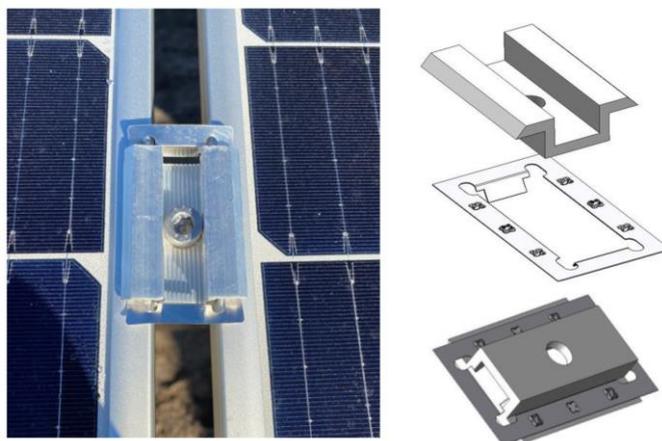


Figura 7: Collegamento equipotenziale

Per garantire lo stesso potenziale elettrico tra strutture adiacenti, la continuità elettrica verrà realizzata collegando ai fori degli arcarecci un cavo di giunzione o una piastra metallica (Figura 8).



Figura 8: Collegamento equipotenziale tra strutture adiacenti

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 20 di 58</p>
---	--	--

3.8 Supporto per quadri elettrici

Per il posizionamento dei quadri elettrici verranno progettati e realizzati idonei supporti (combiner box) tra i montanti della struttura, offrendo una protezione al componente elettrico dalla pioggia e dai raggi UV (Figura 9).



Figura 9: Combiner box.

3.9 Inverter Centralizzati

All'interno di tutto il campo saranno alloggiati 7 inverter con configurazione centralizzata dalla potenza nominale pari a 4299kW. Tali dispositivi hanno il compito di ricevere in ingresso con una tensione generata dai moduli fotovoltaici di tipo continuo e fornire in uscita una tensione di tipo alternata di valore nominale pari a 630 V come quello mostrato in Figura 10. La Figura 11 riporta le caratteristiche tecniche dell'inverter.



Figura 10: Inverter GAMESA ELECTRIC-PV PROTEUS 4300

Relazione tecnica elettrica

	Gamesa Electric Proteus PV 4100	Gamesa Electric Proteus PV 4300	Gamesa Electric Proteus PV 4500	Gamesa Electric Proteus PV 4700
DC Input				
DC Voltage Range ⁽¹⁾	835 - 1500 V	875 - 1500 V	915 - 1500 V	955 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	835 - 1300 V	875 - 1300 V	915 - 1300 V	955 - 1300 V
Number of Power Modules	2, not galvanically isolated, 1 MPPT			
Max. DC Current @40°C [104°F]	2 x 2500 A			
Max. DC Current @50°C [122°F]	2 x 2313 A			
Max. DC Current @55°C [131°F]	2 x 2220 A			
Max. DC Current @60°C [140°F]	2 x 1110 A			
Maximum Short-circuit Current, I _{sc} PV	Up to 9000 A			
Nr of DC Ports ⁽¹⁾	max 24 fuse +/- monitored max 36 fuse + monitored			
Fuse Dimensions	125 A to 500 A			
Max. Wire Cross Section per DC Input	2 x 400 mm ² - 800 AWG			
Energy Production from	0.5% P _n approx.			
AC Output				
Number of phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4095 kVA	4299 kVA	4504 kVA	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3790 kVA	3979 kVA	4169 kVA	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3637 kVA	3819 kVA	4001 kVA	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1819 kVA	1910 kVA	2001 kVA	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms			
Nominal AC Voltage ⁽¹⁾	600 Vrms	630 Vrms	660 Vrms	690 Vrms
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 53/57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @5n			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Maximum Wire Cross Section per AC Output Phase	6 x 400 mm ²			
Performance				
Max. Efficiency	99.45%			
Euro Efficiency	99.24%			
CEC Efficiency	99.02%	99.07%	99.11%	99.14%
Stand-by Power Consumption	< 200 W			
General Data				
Temperature Range - Operation ⁽²⁾	-20°C / +60°C [-4°F / +140°F]			
Maximum Altitude ⁽²⁾	< 2,000 m [6,561 ft] (w/o derating)			
Cooling System	Liquid & forced air			
Relative Humidity	4% - 100% (w/o condensation)			
Seismic ⁽¹⁾	Zone 4 IBC 2012			
Max. wind speed ⁽¹⁾	288 km/h (179 mph)			
Snow load ⁽¹⁾	2.5 kN/m ²			
Protection Class	IP55 class 1, NEMA3R			

Figura 11: Caratteristiche tecniche Inverter GAMESA ELECTRIC-PV PROTEUS 4300

3.10 Trasformatore

Per l'impianto oggetto del presente progetto si è prevista la suddivisione in 7 sottocampi. In particolare, in ogni sottocampo è previsto un trasformatore di elevazione BT/MT, saranno utilizzati due modelli di trasformatori: 1 trasformatore della tipologia 1XPROTEUS 4300 (4299 kVA) e 3 trasformatori della

tipologia 2XPROTEUS 4300 (8598 kVA). Nella Figura 12 sono riportate le principali caratteristiche dei trasformatori.

AC Connection				
Number of Phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4095 kVA	4299 kVA	4504 kVA	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3790 kVA	3979 kVA	4169 kVA	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3637 kVA	3819 kVA	4001 kVA	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1819 kVA	1910 kVA	2001 kVA	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms			
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	600 Vrms	630 Vrms	660 Vrms	690 Vrms
Nominal AC Voltage, MV side ⁽¹⁾	< 34.5 kV			
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 63 / 57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Protection devices				
DC Connection	Motorized disconnectors, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), reverse polarity detection, DC ground fault and insulation detection			
AC Connection	Motorized AC circuit breakers, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), Anti-islanding, Voltage failure, Frequency failure			
Over-temperature Protection	Included			
Emergency Push Button	Included			
Components Proteus PV Station				
Inverters	1 x Proteus PV 4100	1 x Proteus PV 4300	1 x Proteus PV 4500	1 x Proteus PV 4700
Transformer ⁽¹⁾⁽⁸⁾	Dyn KNAN / ONAN			
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁸⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV			
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional			
Others ⁽¹⁾	Auxiliary cabinet			
Communications				
Control ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP (Profinet upon request)			
Monitoring ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP			
Webserver	Included			

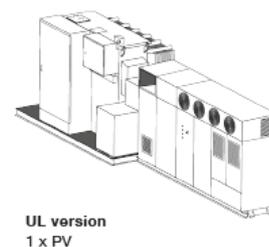
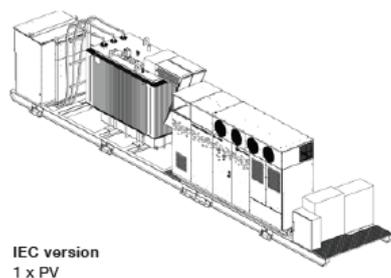


Figura 12: Caratteristiche tecniche trasformatore 1x PROTEUS PV 4300

AC Connection				
Number of Phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	8190 kVA	8598 kVA	9008 kVA	9418 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	7580 kVA	7958 kVA	8338 kVA	8178 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	7274 kVA	7638 kVA	8002 kVA	8366 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	3638 kVA	3820 kVA	4002 kVA	4182 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms / 2 x 3940 Arms			
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	2 x 600 Vrms	2 x 630 Vrms	2 x 660 Vrms	2 x 690 Vrms
Nominal AC Voltage, MV side ⁽¹⁾	< 34.5 kV			
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 53 / 57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Protection devices				
DC Connection	Motorized disconnectors, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), reverse polarity detection, DC ground fault and insulation detection			
AC Connection	Motorized AC circuit breakers, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), Anti-islanding, Voltage failure, Frequency failure			
Over-temperature Protection	Included			
Emergency Push Button	Included			
Components Proteus PV Station				
Inverters	2 x Proteus PV 4100	2 x Proteus PV 4300	2 x Proteus PV 4500	2 x Proteus PV 4700
Transformer ⁽¹⁾⁽⁸⁾	Dyn KNAN / ONAN			
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁸⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV			
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional			
Others ⁽¹⁾	Auxilliary cabinet			
Communications				
Control ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP (Profinet upon request)			
Monitoring ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP			
Webserver	Included			

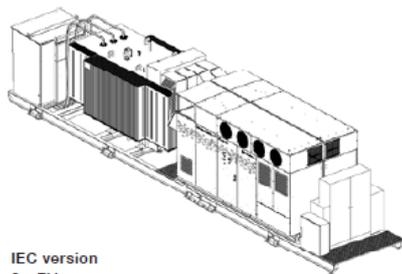


Figura 13: Caratteristiche tecniche trasformatore 2x PROTEUS PV 4300

3.11 Configuratore impianto

Sulla base di quanto definito nei paragrafi precedenti l'impianto agrivoltaico in oggetto avrà la configurazione riportata di seguito.

CAMPO	Potenza pannelli DC (W)	670	
	n. pannelli	51352	
	POTENZA DI PICCO (in CC)	34,406	MWp
STRINGA	n. moduli per stringa	28	
	STRINGHE NECESSARIE	1834	

Tabella 1 – Configurazione impianto

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 26 di 58</p>
---	--	--

4 ASPETTI ENERGETICI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Mediante la realizzazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia porta ad ottenere notevoli vantaggi:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- Inquinamento acustico trascurabile;
- Un risparmio di combustibile fossile;
- Una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti e climalteranti.
- L'attività di produzione agricola e produzione di energia pulita.

4.1 Stima della producibilità e verifica requisito B.2

La simulazione della producibilità dell'impianto agrivoltaico è stata eseguita utilizzando l'applicativo PVGIS. Il programma permette di valutare la producibilità dell'impianto a partire dall'ubicazione geografica (latitudine e longitudine), dalla quota sul livello medio del mare e dai dati di irraggiamento solare contenuti nel Database.

L'applicativo è stato utilizzato anche per effettuare la verifica del requisito B.2 prescritto dalle linee guida in materia di impianti agrivoltaici. Tale requisito indica che la producibilità elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri GWh/ha/anno) paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno) non deve essere inferiore al 60 % di questa ultima:

$$FVagri \geq 0,6 * FVstandard$$

Al fine di verificare tale relazione è stata determinata con l'applicativo PVGIS la producibilità elettrica di un impianto fotovoltaico standard. In particolare, quest'ultima si definisce come la produzione elettrica esplicita da un impianto con l'utilizzo di strutture fisse, orientate a sud con inclinazione pari alla latitudine meno 10° collocate a terra ubicate nella stessa località geografica dell'impianto agrivoltaico, e considerando un rendimento dei moduli pari al 20%.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) Relazione tecnica elettrica	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 27 di 58
---	---	--

Tenendo conto della definizione di impianto standard, è stato modellato un impianto con un pitch 6,1m (quindi una distanza tra le vele pari a 1,57m) mantenendo la stessa la stessa superficie occupata (43,577 ha) e considerando un rendimento dei moduli pari al 20%, ottenendo un impianto dalla potenza di picco pari a 41,779MWp.

La produzione che è possibile ottenere per l'impianto standard, considerando la "producibilità" espresso in MWh/MWp costante e pari a 1362, si otterrebbe una produzione espresso in MWh/ha/anno pari a 3852,79.

Nella seguente tabella 2, vengono riassunti i calcoli eseguiti:

Fvagri					FV_Standard			Fvagri/FVPVStandard
Aree di progetto	ha	MWp	MWp/ha	MWh/ha/a	MWp	MWp/ha	MWh/ha/a	%
1	7,734	5,403	0,70	951,58	6,528	1	1149,79	83%
2	26,655	21,311	0,80	1089,07	26,001	1	1328,75	82%
3	9,167	7,692	0,84	1142,97	9,249	1	1374,25	83%
Totale	43,557	34,406		3183,62	41,779		3852,79	83%

Tabella 2: Valutazione requisito B2

Dai risultati ottenuti, è possibile concludere che il requisito è soddisfatto.

Sulla base delle analisi eseguite ne deriva che, la produzione annuale stimata è pari a 46866 MWh. Considerando un tasso di invecchiamento dei pannelli pari allo 0.45% (valore estratto dalla scheda tecnica del produttore), è possibile calcolare l'energia media annua che l'impianto sarebbe in grado di produrre, durante la vita utile dell'impianto, pari a 20 anni. Nella tabella 3 è riportato il cronoprogramma con l'indicazione della produzione di energia per ogni anno.

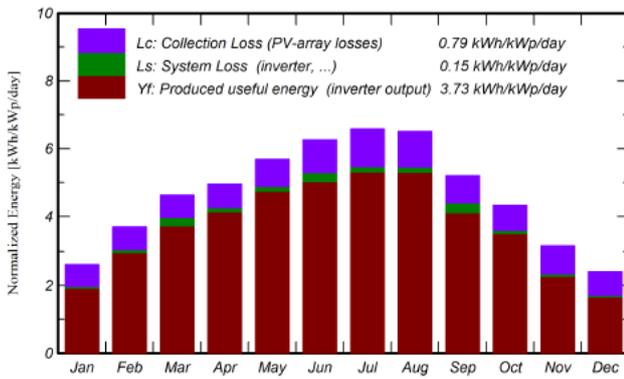
Tabella 3. Cronoprogramma della producibilità elettrica media annuale nel corso della vita utile dell'impianto

anno	Produzione di energia (kWh)	anno	Produzione di energia (kWh)
1	46866000	16	43800276,66
2	46655103	17	43603175,41
3	46445155,04	18	43406961,12
4	46236151,84	19	43211629,8
5	46028089,16	20	43017177,46
6	45820962,75		
7	45614768,42		
8	45409501,96		
9	45205159,21		
10	45001735,99		
11	44799228,18		
12	44597631,65		
13	44396942,31		
14	44197156,07		
15	43998268,86		

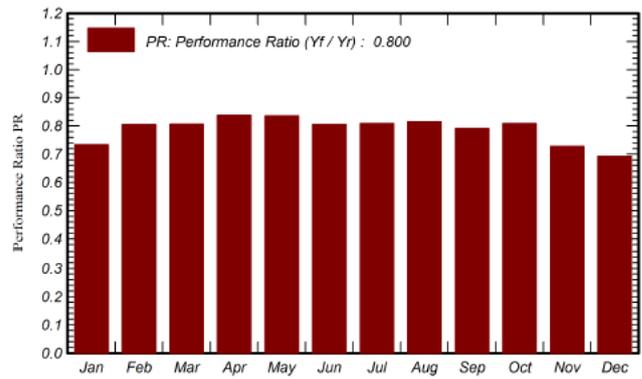
System Production

Produced Energy 46.87 GWh/year Specific production 1362 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 79.96 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_Grid GWh	PR ratio
January	52.1	26.64	3.67	81.1	60.9	2.111	2.048	0.734
February	73.6	33.80	3.87	103.4	88.0	2.954	2.865	0.806
March	116.7	51.92	6.74	143.3	132.7	4.242	3.980	0.807
April	137.4	66.90	10.28	148.3	138.1	4.405	4.274	0.838
May	178.4	82.84	14.53	176.1	164.3	5.216	5.063	0.836
June	197.0	75.41	19.10	187.7	176.1	5.472	5.204	0.806
July	210.7	74.09	22.42	203.9	191.8	5.841	5.673	0.809
August	188.9	68.04	22.29	201.8	190.4	5.831	5.662	0.815
September	132.4	54.18	16.60	155.9	145.7	4.553	4.247	0.792
October	99.6	46.29	13.37	133.9	118.4	3.835	3.725	0.809
November	59.0	25.13	8.72	93.8	71.4	2.423	2.350	0.729
December	46.1	23.72	5.14	74.5	53.1	1.830	1.775	0.693
Year	1492.1	628.96	12.28	1703.6	1530.9	48.712	46.866	0.800

Figura 14: Sintesi dei risultati ottenuti per la valutazione della producibilità annua.

Dalla seguente figura 15, è possibile analizzare il diagramma delle perdite che possono caratterizzare l'impianto agrivoltaico oggetto di intervento:

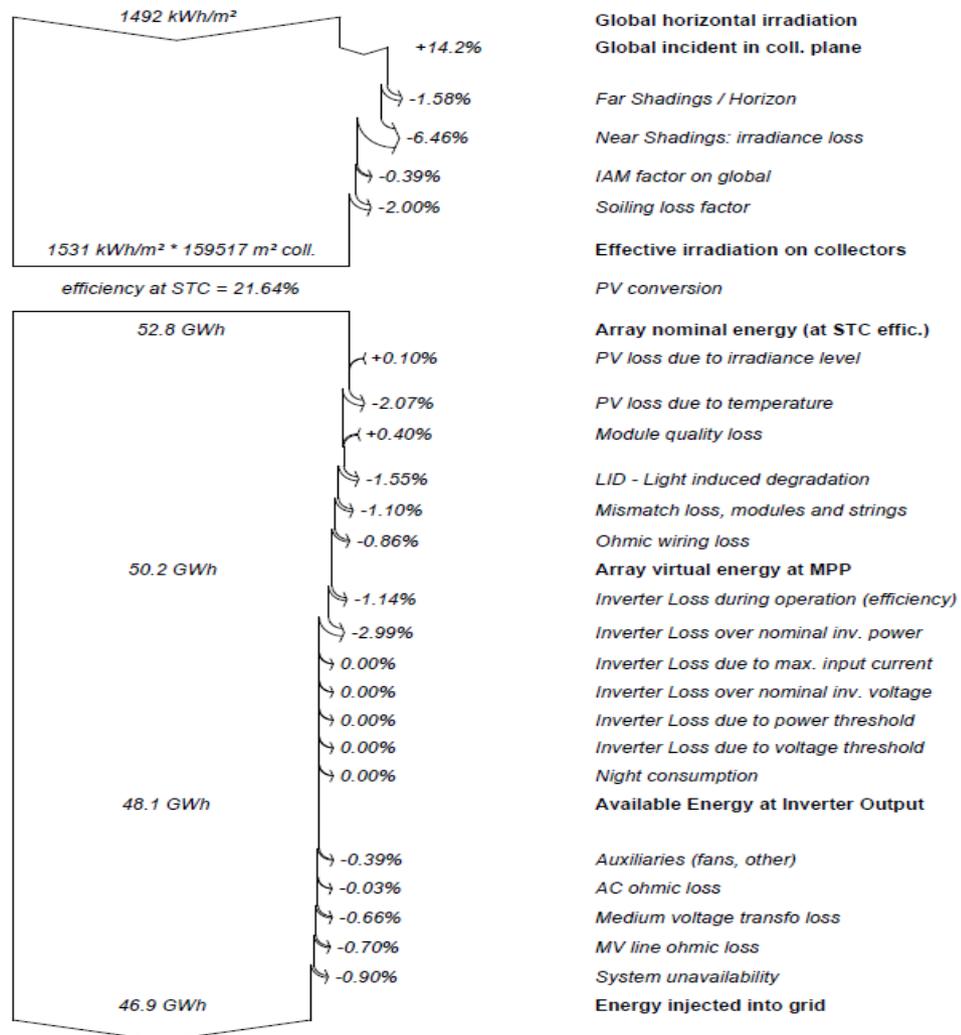


Figura 15: Sintesi delle perdite che caratterizzano l'impianto agrivoltaico

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">Relazione tecnica elettrica</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 31 di 58</p>
---	--	--

5 CAVI

5.1 Cavi AT

La rete elettrica a 36kV sarà realizzata con posa completamente interrata assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Tale rete a 36 kV, di lunghezza totale pari a circa 0.305 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo RG7H1R 26/45 kV o equivalenti con conduttore in rame di classe 2 tipo unipolare solati in XLPE e rivestiti da una guaina termo-restringente in PVC qualità RZ/ST2. I cavi verranno posati ad una profondità minima di 150 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza di 70 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno (cfr. sezioni tipo cavidotto).

I cavi AT a 36kV sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino al campo più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

La portata I_z di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce. La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori. La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l'influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) Relazione tecnica elettrica	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 32 di 58
---	---	--

La portata di corrente in regime permanente I_z per il cavo utilizzato è stata ricavata, a partire dalla corrente I_0 (capacità del cavo), tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento, mediante la seguente formula:

$$I_z = I_0 \times k$$

Dove:

I_0 = portata per posa interrata per cavi con anima in rame di tipo RG7H1R 26/45 kV con resistività terreno 1,5 K m/W;

k = prodotto di opportuni coefficienti di correzione, ovvero:

- K_1 = fattore di correzione per posa interrata e temperature diverse da 20 °C;
- K_2 = fattore di correzione per spaziatura tra cavi tripolari pari a 250 mm;
- K_3 = fattore di correzione per profondità di posa diversi da 0.8 m (cavi direttamente interrati);
- K_4 = fattore di correzione per resistività termica del terreno diverso da 1,5 C°m/W.

Tenendo conto di quanto detto, è stato possibile effettuare il seguente dimensionamento:

Tratta impianto	Lunghezza Tratta [km]	Potenza [MW]	Tensione [kV]	Corrente massima di impiego [A]	Sezione scelta [mmq]	Portata da progetto [A]	Caduta di tensione percentuale [%]	N. di Terme massima previste
SSE Utente ABEi 30/36kV- Ampliamento RTN	0,305	30,093	36	536,24	630	600	0,12	1

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 33 di 58</p>
---	--	--

5.2 Cavi MT

La rete elettrica a 30kV per realizzare i collegamenti interni al campo e la connessione tra il campo agrivoltaico e la Sotto Stazione Utente (SSE) sarà realizzata con posa completamente interrata assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Tale rete a 30kV, di lunghezza totale pari a circa 15,497 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo RG7H1M1 18/30kV o equivalenti con conduttore in rame di classe 2 tipo unipolare isolati in EPR e rivesti da una guaina-restringente in PVC qualità RZ/ST2. I cavi verranno posati ad una profondità minima di 120 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza minima di 70 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno (cfr. sezioni tipo cavidotto).

I cavi MT a 30kV sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino al campo più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

La portata I_z di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce. La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori. La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l'influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 34 di 58</p>
---	--	---

La portata di corrente in regime permanente I_z per il cavo utilizzato è stata ricavata, a partire dalla corrente I_0 (capacità del cavo), tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento, mediante la seguente formula:

$$I_z = I_0 \times k$$

Dove:

I_0 = portata per posa interrata per cavi con anima in rame di tipo RG7H1R 18/30 kV con resistività terreno 1,5 K m/W;

k = prodotto di opportuni coefficienti di correzione, ovvero:

- K_1 = fattore di correzione per posa interrata e temperature diverse da 20 °C;
- K_2 = fattore di correzione per spaziatura tra cavi tripolari pari a 250 mm;
- K_3 = fattore di correzione per profondità di posa diversi da 0.8 m (cavi direttamente interrati);
- K_4 = fattore di correzione per resistività termica del terreno diverso da 1 C°m/W.

Tenendo conto di quanto detto, è stato possibile effettuare il seguente dimensionamento, tenendo anche conto della possibilità di affiancare un numero pari a 3 terne all'interno del campo:

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MW_p e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) Relazione tecnica elettrica	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 35 di 58
---	--	--

Tratta impianto	Lunghezza Tratta [km]	Potenza [MW]	Tensione [kV]	Corrente massima di impiego [A]	Sezione scelta [mmq]	Portata da progetto [A]	Caduta di tensione percentuale [%]	N. di Terne massima previste
C.Raccolta e smistamento-TX1	0,153	4,299	30	91,93	50	140,19	0,04	3
C. Raccolta e smistamento-TX2	0,629	8,598	30	183,85	95	206,66	0,19	3
TX4-TX3	0,648	8,598	30	183,85	95	206,66	0,19	3
C. Raccolta e smistamento-TX3	0,610	8,598	30	183,85	95	206,66	0,18	3
Cavidotto 30kV-SET Utente ABEI 30-36kV	13,457	30,093	30	643,49	2x300	777,08	2,99	3

5.3 Cavi BT(DC)

I cavi BT in corrente continua a 1500V sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino al campo più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1.000 V in corrente alternata e 1.500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata". Dalla norma viene fornita la formula per il calcolo della portata effettiva I_z che può essere ricavata, a partire

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 36 di 58</p>
---	--	---

dalla corrente I_0 , tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Dove:

- I_0 = portata per posa interrata per cavi di tipo con resistività terreno 1K m/W;
- K_1 = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;
- K_2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;
- K_3 = fattore di correzione per profondità di posa;
- K_4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1Km/W.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MW_p e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 37 di 58</p>
---	---	---

5.4 Cavi BT(AC)

I cavi BT in corrente alternata a 630V sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare la relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino al campo più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1.000 V in corrente alternata e 1.500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria”. Dalla norma viene fornita la formula per il calcolo della portata effettiva I_Z che può essere ricavata, a partire dalla corrente I_0 , tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2$$

Dove:

- I_0 =portata per posa in aria;
- K_1 =fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;
- K_2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano in funzione del tipo di posa.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) Relazione tecnica elettrica	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 38 di 58
---	---	--

Tenendo conto delle assunzioni fatte, è stato possibile determinare il seguente dimensionamento:

Inverter	Lunghezza Cavo di connessione al trasformatore [km]	Potenza [MW]	Tensione [kV]	Corrente massima di impiego [A]	Sezione scelta [mmq]	Portata da progetto [A]	Caduta di tensione percentuale [%]
INV1	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	140,19	0,18
INV2	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	206,66	0,18
INV3	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	140,19	0,18
INV4	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	206,66	0,18
INV5	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	140,19	0,18
INV6	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	206,66	0,18
INV7	0,01	4,299	0,630	4377,5	6x400	140,19	0,18

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 39 di 58</p>
---	--	---

6 CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE

Nel presente capitolo sono contenute tutte le soluzioni impiantistiche adottate per la protezione dell'impianto in progetto sia in linea generale che, più in dettaglio, contro i fulmini.

6.1 Protezione generale

Gli impianti saranno costruiti in modo da consentire al personale addetto all'esercizio ed alla manutenzione di circolare e di intervenire in sicurezza in ogni punto dell'impianto, secondo le circostanze, nell'ambito dei propri compiti e delle autorizzazioni concesse e in linea con la Norma CEI 64-8.

6.2 Protezione contro i contatti diretti

Nella costruzione degli impianti va considerato di evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose prossime alle parti attive.

Per quanto riguarda le parti attive, vanno protette quelle con il solo isolamento funzionale e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso:

- parti esposte attive;
- parti degli impianti dove sono state rimosse guaine metalliche collegate a terra o schermi conduttori di cavi;
- cavi ed accessori sprovvisti di schermi metallici collegati a terra, nonché cavi flessibili sprovvisti di schermi conduttori elastomerici;
- terminali e guaine conduttrici dei cavi, se essi possono portarsi ad una tensione pericolosa;
- corpi isolanti di isolatori ed altre parti simili, se può insorgere una tensione di contatto pericolosa;
- telai o contenitori di condensatori, convertitori e trasformatori di conversione, che possono essere in tensione durante il normale esercizio;
- avvolgimenti di macchine elettriche, trasformatori e reattori.

I tipi di protezioni che potrebbero essere adottati sono i seguenti:

- protezione per mezzo di involucri;

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 40 di 58</p>
---	--	---

- protezione per mezzo di barriere (ripari);
- protezione per mezzo di ostacoli (parapetti);
- protezione mediante distanziamento.

Le barriere devono impedire che nessuna parte del corpo di un uomo possa raggiungere la zona di guardia prossima alle parti attive e possono quindi essere pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza minima di 2000 mm. Gli ostacoli possono essere realizzati tramite l'impiego di coperture, parapetti, catene e corde oppure utilizzando pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza inferiore ai 2000 mm e che quindi non possono rientrare nelle barriere. La protezione mediante distanziamento si ottiene collocando le parti attive al di fuori della zona dove le persone possono abitualmente soffermarsi o muoversi tenendo conto della distanza che si può raggiungere con le mani in qualsiasi direzione. Le porte dei locali per le apparecchiature o per gli scomparti, utilizzate come elementi di chiusura, devono essere progettate in modo tale da poter essere aperte solo mediante attrezzi o chiavi.

6.3 Protezione contro i contatti indiretti

Nei sistemi di II categoria per la protezione contro i contatti indiretti la cabina deve essere dotata di un impianto di terra conforme alla Norma CEI 11-1.

Le masse o masse estranee facenti parte della cabina devono essere collegate all'impianto di terra. Per poter dimensionare l'impianto di terra si deve richiedere all'Ente Distributore:

- il valore della corrente di guasto a terra della rete;
- il tempo di eliminazione del guasto.

Le prescrizioni da rispettare affinché venga assicurata la protezione sono:

- Neutro collegato direttamente a terra;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione comuni PEN: sistema TN-C;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione separati PE + N: sistema TN-S;
- Masse di utilizzazione collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra in più punti e alla messa a terra dell'alimentazione;
- Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento, eliminato tramite i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o del differenziale.

I dispositivi di interruzione automatica ammessi dalle norme sono:

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MW_p e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 41 di 58</p>
---	---	---

- Il dispositivo a corrente differenziale;
- Il dispositivo contro le sovracorrenti.

In un sistema IT il neutro del trasformatore non è connesso a terra, si dice, quindi, "sistema a neutro isolato". In questo tipo di sistema non è prevista alcuna protezione contro i contatti indiretti, in quanto l'intero sistema si ritiene isolato.

Un sistema come quello in oggetto viene impiegato, generalmente, laddove siano presenti situazioni di lavoro ove sia prioritaria la continuità del servizio, in quanto la presenza di un primo guasto a terra non dà luogo a correnti di valore elevato e /o pericoloso per le persone. La corrente di guasto a terra assume valori molto bassi, tipicamente fino a 2 A, e si richiude sul nodo di alimentazione attraverso l'impianto di terra delle masse e le capacità verso terra dei conduttori di linea. Il ridotto valore della corrente di guasto fa sì che non si abbia alcun intervento delle protezioni, le tensioni di contatto originate assumeranno, quindi, valori particolarmente bassi.

Normalmente in sistemi di questo tipo si prevede l'utilizzo di un dispositivo di controllo di isolamento il quale verifica se, effettivamente, il sistema rimane isolato nel tempo o sia necessario intervenire per ripristinare l'isolamento, segnalando le eventuali condizioni anomale che si manifestano in caso di guasto. Questo dispositivo segnala qualsiasi riduzione significativa del livello di isolamento dell'impianto permettendo così l'individuazione della causa di questa riduzione prima del verificarsi di un secondo guasto a terra, che causerebbe l'interruzione dell'alimentazione.

Nel caso di doppio guasto a terra, infatti, si viene a modificare il sistema di distribuzione vanificando ogni beneficio di una rete isolata da terra. In funzione di come sono collegate le masse degli utilizzatori all'impianto di terra il sistema potrebbe passare da una situazione IT a TN o TT, in entrambi i casi si avrebbero elevate correnti di guasto.

La norma prevede dunque che, in presenza di un doppio guasto a terra, il sistema debba essere interrotto, con modalità diverse nel caso di sistemi TT o TN cui migrerebbe il sistema IT di partenza.

La norma, inoltre, raccomanda di non distribuire il conduttore di neutro nei sistemi IT, in primis per evitare il rischio che, in sistemi relativamente complessi, questo possa essere accidentalmente collegato a terra, vanificando in tal modo i vantaggi di un sistema IT; la seconda ragione secondo cui la norma raccomanda di non distribuire il neutro è legata a problematiche più prettamente impiantistiche, in quanto l'impedenza dell'anello di doppio guasto nei sistemi con neutro distribuito deve risultare inferiore che non nei sistemi a

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 42 di 58</p>
---	--	---

neutro non distribuito, con la conseguenza delle difficoltà pratiche nella realizzazione di una impedenza bassa e la conseguente difficoltà di coordinamento dei dispositivi di interruzione automatica per la protezione dai contatti indiretti.

6.4 Protezioni dai sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una condotta avente corrente di impiego I_b e portata I_z ($I_b < I_z$) si deve installare nel circuito della condotta un dispositivo di protezione avente corrente nominale I_n e corrente convenzionale di funzionamento I_f che soddisfino le condizioni seguenti:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 \cdot I_z$$

dove I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi deve avere caratteristiche tali da consentire, senza interrompere il circuito, i sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario (Norme CEI 64-8).

Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici non è necessaria alcuna verifica, in quanto la corrente di sicuro funzionamento è, rispettivamente:

- $1.45 \cdot I_z$ per interruttori uso domestico conformi alla CEI 23-3;
- $1.30 \cdot I_z$ per interruttori uso industriale conformi alla CEI-EN 60947-2.

6.5 Protezione conduttori contro il corto circuito

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono rispondere alle seguenti condizioni.

- 1) Devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione; in questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che il valore di $I^2 \cdot t$ lasciato passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quello che può essere sopportato senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette. La corrente di cortocircuito da prendere in considerazione deve essere la più

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 43 di 58</p>
---	--	---

elevata che si può produrre in relazione alle configurazioni; in caso di impianto trifase si deve considerare il guasto trifase.

- 2) Devono intervenire in un tempo inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile. Questa condizione deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta. In prima approssimazione, per cortocircuiti di durata non superiore a 5 sec, la condizione che il cortocircuito non alzi la temperatura dei conduttori dal valore massimo in servizio normale oltre al limite ammissibile si può verificare con la formula $I^2 \cdot t < k^2 \cdot S^2$ oppure verificando la curva dell'integrale di Joule fornita dal costruttore (Norma CEI 64-8).

6.6 Cartelli

Nella cabina MT/BT si dovranno installare i cartelli (di divieto, avvertimento e avviso) sotto elencati, realizzati (pittogrammi ed eventuali scritte) secondo le disposizioni di legge in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (d.lgs. 81/2008 e s.m.i.).

I segnali, le targhe, i cartelli posti all'esterno devono essere scritti con caratteri indelebili su un supporto che garantisca una buona resistenza alle intemperie.

All'esterno della cabina, su ciascuna porta d'accesso e su ogni lato di eventuali recinzioni saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto d'accesso alle persone non autorizzate;
- Tensione elettriche pericolosa;

Sulla porta d'ingresso al locale, oltre ai tre precedenti, saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto di usare acqua per spegnere incendi;
- Tensione.

All'interno della cabina si dovranno avere:

- Istruzioni relative ai soccorsi d'urgenza da prestare agli infortunati per cause elettriche compilato nelle parti relative ai numeri telefonici da contattare in caso di necessità (medici, ospedali, ambulanze, ecc. più vicini);
- Schema elettrico;
- In prossimità delle apparecchiature di MT, indicare la tensione;

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 44 di 58</p>
---	--	---

- A disposizione del personale addetto alla manutenzione, il cartello indicante il divieto di effettuare manovre;
- Sulle eventuali uscite di emergenza l'apposito segnale.

Nel caso sia prevista una sorgente autonoma di energia, questa viene segnalata mediante apposita targa posta in corrispondenza del dispositivo di sezionamento del circuito che la collega alla cabina.

Quando la cabina prevede batterie di condensatori e/o batterie di accumulatori, le porte delle celle corrispondenti sono munite di una targa che segnala la presenza di condensatori e delle batterie di accumulatori.

Per cabine elettriche complesse è opportuno che sia esposto uno schema unifilare per permettere anche in caso di urgenza una rapida comprensione delle manovre da eseguire.

Si consiglia inoltre la predisposizione di una tasca porta documenti fissata alla parete.

I dati relativi alla regolazione delle protezioni, le sezioni dei cavi, ecc. possono essere riportati su schemi diversi e tenuti a disposizione per gli interventi di manutenzione o modifica.

6.7 Materiale per l'esercizio e la manutenzione

In ciascun locale dove possono essere effettuate manovre sull'impianto di II categoria, a meno che gli addetti non ne siano dotati, devono essere disponibili le appropriate dotazioni di sicurezza (pedane o tappeti isolanti, fioretto di manovra, guanti isolanti).

6.8 Mezzi di estinzione

Gli eventuali mezzi di estinzione devono essere collocati in luoghi facilmente accessibili anche in caso di incendio. L'acqua non deve essere usata per lo spegnimento di incendi, quando le materie con le quali verrebbe a contatto possono reagire in modo da aumentare notevolmente di temperatura o da svolgere gas infiammabili o nocivi. L'acqua (a meno che non si tratti di acqua nebulizzata) e le altre sostanze conduttrici non devono essere usate in prossimità di conduttori, macchine e apparecchi elettrici sotto tensione e si consiglia vivamente di non ricorrere a getti d'acqua per lo spegnimento di fiamme o incendio che si siano prodotti all'interno del locale cabina.

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">Relazione tecnica elettrica</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 45 di 58</p>
---	--	--

6.9 Qualifica del personale

Il personale che entra in cabina è autorizzato nel momento stesso in cui riceve la chiave dal responsabile dell'impianto. Ovviamente, può essere autorizzata una persona che abbia conoscenze tecniche o esperienza (persona esperta - PES) o che abbia ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate (persona avvertita - PAV).

Persona esperta è, ad esempio, un installatore o un manutentore qualificato. L'addetto alle pulizie della cabina è invece una persona comune e per diventare persona avvertita deve ricevere adeguate istruzioni e/o sorveglianza, in relazione al tipo di cabina (a giorno o con quadri chiusi), al tipo di intervento richiesto ed agli attrezzi utilizzati. Ad esempio, per eseguire la pulizia di una cabina a giorno con parti attive accessibili deve essere sorvegliato da una persona esperta. In una cabina con parti attive non accessibili è sufficiente un'informazione sui rischi presenti e comportamenti da seguire.

Da notare che gli aggettivi "esperta" o "avvertita" hanno una validità generale e non sono da confondere con il caso particolare relativo alle qualifiche richieste per i lavori elettrici. In altre parole, per entrare in cabina non è necessario avere la qualifica di persona esperta o avvertita ai fini dei lavori elettrici, a meno che non si debbano eseguire tali lavori.

6.10 Apparecchiature e componenti

6.10.1 Cavi

I cavi dei sistemi di II categoria devono essere dotati di uno schermo o di una guaina metallica connessa a terra almeno ad una estremità del cavo.

6.10.2 Connessioni elettriche

Le connessioni elettriche devono essere eseguite in modo tale da non rappresentare punti deboli e devono essere studiate in modo da limitare la possibilità di effluvio, presentare una bassa resistenza elettrica e un'adeguata resistenza meccanica. In particolare, le connessioni dovranno avere caratteristiche elettriche e termiche non inferiori a quelle dei cavi o dei conduttori ad essi collegati. Le connessioni dei conduttori con i terminali degli apparecchi devono essere comunque tali da non trasmettere ai terminali inammissibili

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">Relazione tecnica elettrica</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 46 di 58</p>
---	--	--

sollecitazioni termiche o meccaniche dovute a peso, dilatazione, vibrazioni, correnti di cortocircuito. Si raccomanda particolare attenzione all'ancoraggio dei cavi unipolari in corrispondenza alle connessioni terminali. Le connessioni devono essere realizzate con metalli che non diano luogo a coppie elettrolitiche; ove ciò non sia possibile devono essere adottati provvedimenti atti ad evitare il contatto diretto tra gli stessi. Le superfici di contatto delle connessioni devono essere preparate e protette in modo da assicurare il mantenimento nel tempo delle loro caratteristiche di conduttività.

6.10.3 Materiali isolanti

I materiali isolanti devono essere scelti in base alla tensione, all'ambiente di installazione e alla temperatura massima di servizio continuativo cui sono sottoposti e devono avere adeguate caratteristiche di non propagazione della fiamma. In caso di locali contigui tra i quali si voglia realizzare la separazione, la continuità dei circuiti che non siano realizzati a mezzo di cavi viene assicurata a mezzo di appositi isolatori a passante. Se si adottano altri sistemi, questi devono offrire la stessa garanzia di segregazione degli isolatori passanti.

6.10.4 Sezionatori

Nei sistemi di II categoria un dispositivo di sezionamento deve essere previsto in corrispondenza di ogni interruttore, dei fusibili di protezione e di ogni interruttore di manovra che non soddisfi le norme dei sezionatori. La possibilità di sezionamento del circuito deve essere prevista anche sulle linee di alimentazione o con possibile alimentazione di ritorno ed il sezionatore può essere posizionato anche lontano dalla cabina stessa. Gli apparecchi di manovra in esecuzione estraibile delle apparecchiature prefabbricate con involucro metallico svolgono anche la funzione di sezionatore. I sezionatori sono in genere interbloccati con i relativi apparecchi di manovra in modo da impedire la loro apertura o chiusura sotto carico. Qualora ciò non venga realizzato, sul pannello frontale della cella è consigliabile che sia indicata la corretta sequenza delle operazioni di manovra. I dispositivi di sezionamento devono essere equipaggiati in modo da permetterne il bloccaggio in posizione di aperto e chiuso. Il comando del dispositivo di sezionamento deve consentire l'applicazione dei blocchi eventualmente previsti in base alle esigenze della cabina. Ad ogni sezionatore o apparecchio di manovra in esecuzione estraibile è opportuno associare un sezionatore di terra interbloccato con la sua posizione di aperto o sezionato. Nel caso di

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 47 di 58</p>
---	--	---

sezionatori di terra posti in corrispondenza di una linea per la quale esiste la possibilità di alimentazione dall'altra estremità possono essere prese in considerazione, ad esempio, le seguenti soluzioni:

- Uso di sezionatore di terra con blocco a chiave condizionato al sicuro sezionamento della linea all'altra estremità;
- Uso di sezionatore di terra con potere di chiusura adeguato al valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

I sezionatori e i sezionatori di terra devono avere caratteristiche termiche e dinamiche adeguate all'intensità e alla durata della corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Il comando meccanico deve essere facilmente manovrabile dall'operatore e dal posto di comando deve essere possibile riconoscere la posizione raggiunta dal dispositivo di sezionamento mediante una delle seguenti condizioni:

- Sezionamento visibile;
- Segnalazione di un dispositivo indicatore sicuro;
- Posizione della parte estraibile rispetto alla parte fissa chiaramente identificabile rispetto al completo inserimento od al completo sezionamento.

6.10.5 Interruttori

Nei sistemi di II categoria gli interruttori devono avere un potere di interruzione e di chiusura adeguato alla corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Gli interruttori devono avere un comando di apertura e di chiusura con manovra indipendente dall'operatore. Quando è previsto un comando con sorgente esterna di energia, deve essere previsto anche un comando a mano di emergenza.

6.10.6 Interruttori di manovra

Nei sistemi di II categoria per gli interruttori valgono le disposizioni sopraelencate e per gli interruttori di manovra sezionatori si fa riferimento al paragrafo "Sezionatori" di questa relazione. Nel caso di combinazione interruttore di manovra-fusibile l'intervento di un fusibile deve provocare l'apertura automatica di tutti i poli dell'interruttore di manovra.

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 48 di 58</p>
---	--	--

6.10.7 Relè di protezione

Ogni circuito equipaggiato con interruttore che svolge la funzione di protezione del circuito stesso deve essere dotato di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti che agiscono sul comando di apertura dell'interruttore.

I dispositivi di protezione possono essere:

- Relè diretti;
- Relè indiretti senza alimentazione ausiliaria;
- Relè indiretti con alimentazione ausiliaria.

I relè indiretti possono essere inseriti sia a monte che a valle dell'interruttore purché sia assicurato il funzionamento corretto dell'insieme, inoltre si deve prestare particolare attenzione all'adeguatezza delle loro caratteristiche termiche e dinamiche.

I relè di massima corrente possono essere con caratteristica di intervento a tempo dipendente, indipendente, istantaneo o con una combinazione di queste.

L'alimentazione dei circuiti amperometrici dei relè indiretti dovrebbe essere fatta preferibilmente da trasformatori di corrente di protezione o, nel caso di trasformatori con più secondari, utilizzando i secondari di protezione.

Nel caso di impiego di relè indiretti senza alimentazione ausiliaria, l'energia necessaria al funzionamento del relè e dello sganciatore viene prelevata direttamente dalla corrente di guasto. Il relè deve essere dotato di un dispositivo di prova che consenta di verificare agevolmente il suo corretto funzionamento.

Nel caso di impiego di relè indiretti con alimentazione ausiliaria, è necessario disporre di una sorgente indipendente che assicuri l'alimentazione anche in caso di guasto.

6.10.8 TA e TV di protezione

I trasformatori di corrente (TA) e i trasformatori di tensione (TV) di protezione hanno esigenze e quindi caratteristiche diverse dai TV di misura. I TA e TV di misura devono garantire una corretta misurazione della grandezza (corrente o tensione), nel proprio campo d'impiego e salvaguardare gli strumenti di misura da eventuali sovracorrenti. Ad esempio, i TA di misura garantiscono in genere una risposta lineare per correnti da 0,1 In a 1,2 In e saturano rapidamente per valori superiori, in modo che eventuali correnti di cortocircuito non danneggiano i delicati equipaggi degli strumenti di misura collegati sul secondario. I TA

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 49 di 58</p>
---	--	--

e i TV di protezione, invece, devono garantire una rilevazione corretta della grandezza elettrica per un campo di valori molto più ampio di un trasformatore di misura. Non si può impiegare un TA di misura per alimentare un relè di protezione, perché il TA di misura va in saturazione con le correnti di cortocircuito: la corrente sul secondario non è più proporzionale a quella sul primario e potrebbe non provocare l'intervento delle protezioni di massima corrente. I circuiti secondari di TA e TV devono essere collegati a terra (se non sono separati dal primario con uno schermo messo a terra), con conduttore di sezione minima 2,5 mm² se protetto meccanicamente, altrimenti 4 mm².

6.10.9 Trasformatori

I trasformatori devono essere installati in modo da impedire contatti accidentali con i terminali e le superfici isolanti degli avvolgimenti. Il trasformatore va installato in uno dei seguenti modi:

- Dietro barriere rigide, di altezza almeno uguale a 2 m;
- Dietro ostacoli di altezza compresa tra 1,2 m e 1,4 m (parapetti catene o funi), aventi una distanza minima dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore maggiore o uguale alla distanza di guardia $A = (d_g + 1250)$ mm;
- In involucri con grado di protezione almeno IP2X. Al di fuori delle cabine elettriche è richiesto un grado di protezione minimo IP23D.

Per quanto riguarda la possibilità di installazione dietro barriere rigide, bisogna tener conto che:

- Per barriere con grado di protezione maggiore o uguale a IP1XB la distanza dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di guardia (d_g);
- Per barriere metalliche, collegate a terra, con grado di protezione maggiore o uguale a IP3X la distanza dai terminali e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di isolamento fase – terra (N).

I trasformatori in resina possono essere installati, senza particolari accorgimenti, nello stesso locale con i quadri di media e bassa tensione. Nel caso di più trasformatori in resina di classe F1 nello stesso locale, non sono prescritte particolari precauzioni contro gli incendi, né provvedimenti per la loro separazione.

Una separazione tra i trasformatori, mediante pareti di materiale incombustibile è comunque vantaggiosa, perché permette di accedere in sicurezza a ciascuna unità, mantenendo le altre in servizio. Gli involucri di

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>Relazione tecnica elettrica</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 50 di 58</p>
---	--	---

protezione ostacolano la libera circolazione dell'aria, il che potrebbe portare al declassamento della potenza del trasformatore.

Le ditte costruttrici hanno pertanto adottato, per potenze fino a 2500 kVA, opportuni accorgimenti che creano all'interno degli involucri le stesse condizioni ambientali che si avrebbero in assenza del contenitore. Tali condizioni devono essere garantite dal costruttore del trasformatore, che generalmente è anche fornitore dell'involucro. L'accesso all'involucro di protezione, necessario per le normali operazioni di ispezione e di manutenzione, deve essere effettuato con l'impianto fuori servizio e in sicurezza. A tal fine, un sistema di interblocco a chiave con gli organi di sezionamento, oppure l'impiego di pannelli avvitati asportabili solo con l'uso di attrezzi, contribuiscono ad aumentare la sicurezza degli operatori contro i contatti diretti.

6.10.10 Pulsanti di sgancio della cabina

Il pulsante di sgancio collocato in corrispondenza della porta di accesso di una cabina MT/BT non è obbligatorio; esso solitamente comanda l'apertura del dispositivo generale della cabina stessa e lascia in tensione la parte di impianto che si trova a monte di questo dispositivo. A meno di evitare altri accorgimenti, il pulsante di sgancio potrebbe indurre ad erronee conseguenze, ad esempio in caso di incendio.

È richiesto che la funzione del comando di emergenza sia chiaramente segnalata installando presso il medesimo un idoneo cartello, recante la scritta "interruttore generale, attivare in caso d' emergenza" o un'altra scritta simile.

Per il collegamento del pulsante di sgancio è bene utilizzare una conduttura in cavo e in tubo protettivo. È fondamentale che il comando sia efficiente, e per questo si usano principalmente due sistemi:

- Bobina a minima tensione;
- Bobina a lancio di corrente con segnalazione ottica dell'integrità del circuito.

Per il comando a lancio di corrente è opportuno che sia presente un gruppo di continuità statico UPS per l'alimentazione in emergenza dei circuiti di sgancio (tale gruppo sarà utilizzabile anche per la strumentazione della centralina dei trasformatori e per la visualizzazione permanente in caso di black-out, ecc.).

	<p style="text-align: center;">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica elettrica</p>	<p style="text-align: center;">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 51 di 58</p>
---	--	---

6.10.11 Protezione contro i fulmini

L'impianto in progetto sarà soggetto a periodica manutenzione che comporta, pertanto, la presenza occasionale del personale addetto. Secondo il decreto Legislativo 81/2008, quindi, il datore di lavoro alla denuncia all'ASL/ARPA e all'ISPESL dei dispositivi di collegamento a terra e di dispersione delle scariche atmosferiche e alla verifica periodica degli stessi da parte dell'ASL/ARPA, o di un organismo abilitato, secondo l'art. 4 dello stesso decreto.

6.10.12 Protezioni contro le tensioni di passo e contatto

Con il collegamento delle strutture metalliche all'impianto di terra dei prefabbricati si crea una situazione di equipotenzialità tale da evitare l'insorgere di pericolose tensioni di passo e contatto.

6.11 Protezioni delle apparecchiature da sovratensioni

Sono previste idonee protezioni contro le sovratensioni, sia per il lato in corrente continua, con scaricatori di sovratensioni su ogni campo fotovoltaico, sia sul lato in corrente alternata.

6.12 Impianto di terra

6.12.1 Realizzazione dell'impianto di terra

L'impianto di terra della cabina sarà realizzato con un anello perimetrale in corda di rame nudo e ai quattro vertici verranno posti dei picchetti in acciaio zincato di lunghezza 2 m completi di collare per il fissaggio della corda di rame. È opportuno che siano presi tutti i provvedimenti per limitare gli effetti della corrosione con particolare attenzione agli accoppiamenti di metalli diversi. Il terreno di riempimento intorno al dispersore dovrà essere del tipo vegetale e non contenere materiale di risulta.

L'impianto di terra realizza il collegamento equipotenziale di tutte le parti metalliche. La sezione dei conduttori equipotenziali principali sarà maggiore o uguale a metà di quella del conduttore di protezione principale di sezione maggiore, con un minimo di 6 mm².

L'impianto di dispersione sarà costituito da dispersori a puntazza di acciaio zincato $l = 2$ m e da treccia di rame nuda $S = 50$ mm².

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">Relazione tecnica elettrica</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 52 di 58</p>
---	--	--

Andrà realizzato il collegamento a terra delle strutture metalliche.

Gli impianti di terra delle strutture prefabbricate sono tutti tra essi collegati e da questi alle strutture metalliche dell'impianto, anch'esse connesse a terra. Si crea, in tal modo, una unica maglia equipotenziale comune a tutto l'impianto, tale da evitare l'insorgere di tensioni pericolose di passo e di contatto.

Al conduttore di protezione dell'impianto di terra andranno collegate tutte le masse metalliche che, per cedimento dell'isolamento, potrebbero assumere il potenziale dell'impianto (tubazioni, canaline, cassette e scatole metalliche, carcasse dei quadri elettrici).

6.12.2 Verifica dell'impianto di terra

Conoscendo la massima corrente di guasto a terra I_f e il tempo di eliminazione del guasto a terra t_f richiesti dall'ente distributore, e quindi il valore di contatto U_{tp} ammissibile in relazione al tempo di intervento delle protezioni (tabella C.3 della CEI 11-1), si può calcolare il massimo valore della resistenza di terra ammissibile.

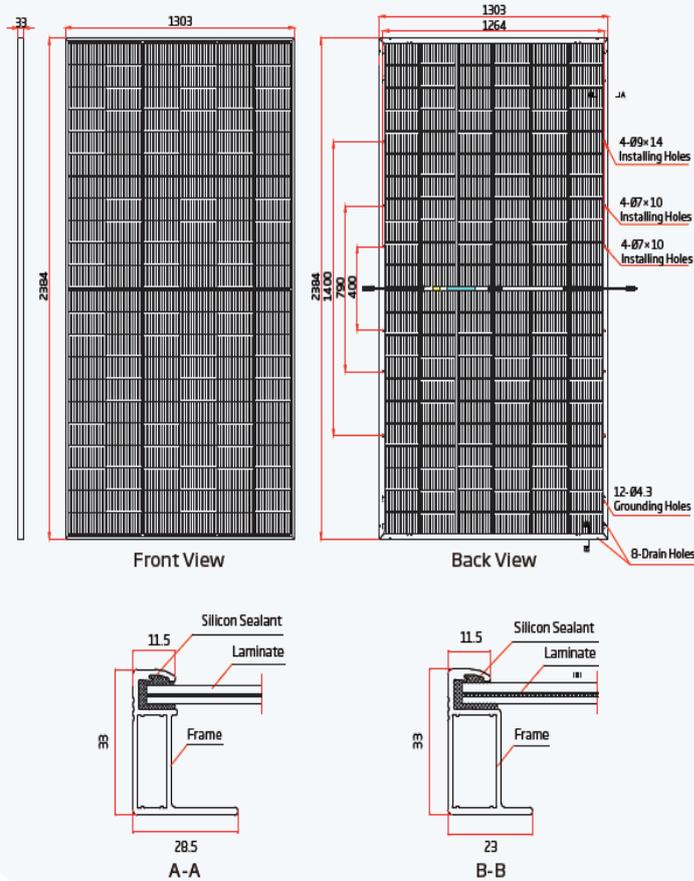
Se la massima tensione di contatto rientra nei limiti $U_t \leq U_{tp}$ l'impianto di terra è considerato idoneo, altrimenti bisogna intervenire per riportare la tensione di contatto entro i limiti di sicurezza.

Se nei locali saranno presenti lavoratori subordinati anche solo stagionali si fa presente che si dovrà procedere alla verifica dell'impianto di terra e alla denuncia all'ISPESL e all'ASL/ARPA.

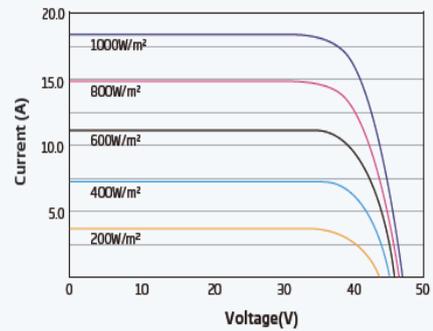
Allegato 1: Scheda tecnica pannelli fotovoltaici



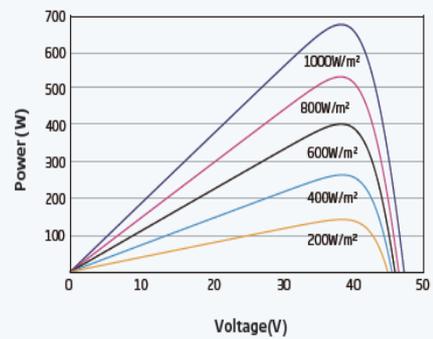
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(675W)



P-V CURVES OF PV MODULE(675 W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	670	675	680	685	690
Power Tolerance- P_{MAX} (W)			0 ~ +5		
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	40.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.09	17.12	17.16	17.19	17.23
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.0	47.2	47.4	47.7	47.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.10	18.14	18.18	18.21	18.25
Module Efficiency η_m (%)	21.6	21.7	21.9	22.1	22.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	724	729	734	740	745
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.2	39.4	39.6	39.8	40.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.46	18.49	18.53	18.57	18.61
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.0	47.2	47.4	47.7	47.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.55	19.59	19.63	19.67	19.71
Irradiance ratio (rear/front)			10%		

Product bifaciality: 80±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	510	514	517	521	526
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	36.8	37.0	37.2	37.3	37.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	13.86	13.89	13.91	13.94	13.96
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.5	44.7	44.9	45.2	45.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	14.59	14.62	14.65	14.67	14.71

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

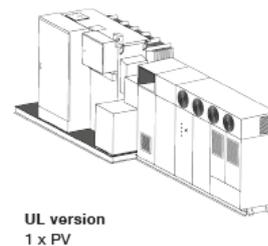
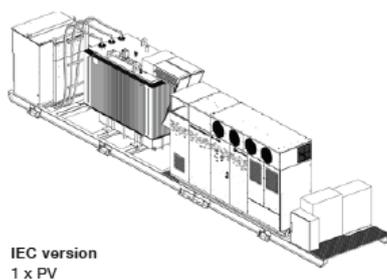
Modules per box: 33 pieces
Modules per 40' container: 594 pieces

Allegato 2: Scheda tecnica inverter

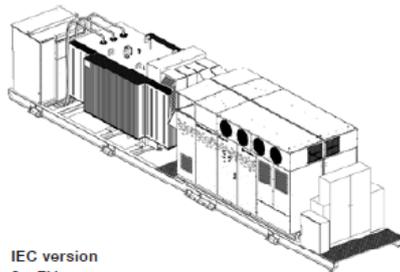
	Gamesa Electric Proteus PV 4100	Gamesa Electric Proteus PV 4300	Gamesa Electric Proteus PV 4500	Gamesa Electric Proteus PV 4700
DC Input				
DC Voltage Range ⁽¹⁾	835 - 1500 V	875 - 1500 V	915 - 1500 V	955 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	835 - 1300 V	875 - 1300 V	915 - 1300 V	955 - 1300 V
Number of Power Modules	2, not galvanically isolated, 1 MPPT			
Max. DC Current @40°C [104°F]	2 x 2500 A			
Max. DC Current @50°C [122°F]	2 x 2313 A			
Max. DC Current @55°C [131°F]	2 x 2220 A			
Max. DC Current @60°C [140°F]	2 x 1110 A			
Maximum Short-circuit Current, I _{sc} PV	Up to 9000 A			
Nr of DC Ports ⁽¹⁾	max 24 fuse +/- monitored max 36 fuse + monitored			
Fuse Dimensions	125 A to 500 A			
Max. Wire Cross Section per DC Input	2 x 400 mm ² - 800 AWG			
Energy Production from	0.5% P _n approx.			
AC Output				
Number of phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4095 kVA	4299 kVA	4504 kVA	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3790 kVA	3979 kVA	4169 kVA	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3637 kVA	3819 kVA	4001 kVA	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1819 kVA	1910 kVA	2001 kVA	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms			
Nominal AC Voltage ⁽¹⁾	600 Vrms	630 Vrms	660 Vrms	690 Vrms
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 63/67 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Maximum Wire Cross Section per AC Output Phase	6 x 400 mm ²			
Performance				
Max. Efficiency	99.45%			
Euro Efficiency	99.24%			
CEC Efficiency	99.02%	99.07%	99.11%	99.14%
Stand-by Power Consumption	< 200 W			
General Data				
Temperature Range - Operation ⁽²⁾	-20°C / +60°C [-4°F / +140°F]			
Maximum Altitude ⁽²⁾	< 2,000 m [6,561 ft] (w/o derating)			
Cooling System	Liquid & forced air			
Relative Humidity	4% - 100% (w/o condensation)			
Seismic ⁽¹⁾	Zone 4 IBC 2012			
Max. wind speed ⁽¹⁾	288 km/h (179 mph)			
Snow load ⁽¹⁾	2.5 kN/m ²			
Protection Class	IP55 class 1, NEMA3R			

Allegato 3: Scheda tecnica trasformatore

AC Connection				
Number of Phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4095 kVA	4299 kVA	4504 kVA	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	3790 kVA	3979 kVA	4169 kVA	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	3637 kVA	3819 kVA	4001 kVA	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	1819 kVA	1910 kVA	2001 kVA	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms			
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	600 Vrms	630 Vrms	660 Vrms	690 Vrms
Nominal AC Voltage, MV side ⁽¹⁾	< 34.5 kV			
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 53 / 57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Protection devices				
DC Connection	Motorized disconnectors, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), reverse polarity detection, DC ground fault and insulation detection			
AC Connection	Motorized AC circuit breakers, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), Anti-islanding, Voltage failure, Frequency failure			
Over-temperature Protection	Included			
Emergency Push Button	Included			
Components Proteus PV Station				
Inverters	1 x Proteus PV 4100	1 x Proteus PV 4300	1 x Proteus PV 4500	1 x Proteus PV 4700
Transformer ⁽¹⁾⁽⁸⁾	Dyn KNAN / ONAN			
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁸⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV			
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional			
Others ⁽¹⁾	Auxiliary cabinet			
Communications				
Control ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP (Profinet upon request)			
Monitoring ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP			
Webserver	Included			



AC Connection				
Number of Phases	Three-phase			
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	8190 kVA	8598 kVA	9008 kVA	9418 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	7580 kVA	7958 kVA	8338 kVA	8178 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	7274 kVA	7638 kVA	8002 kVA	8366 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	3638 kVA	3820 kVA	4002 kVA	4182 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms / 2 x 3940 Arms			
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	2 x 600 Vrms	2 x 630 Vrms	2 x 660 Vrms	2 x 690 Vrms
Nominal AC Voltage, MV side ⁽¹⁾	< 34.5 kV			
Nominal Voltage Allowance Range ⁽¹⁾	+/-10%			
Frequency Range ⁽¹⁾	47.5 - 53 / 57 - 63 Hz			
THD of AC Current	< 1% @Sn			
Power Factor Range	0 (reactive) - 1 - 0 (capacitive)			
Protection devices				
DC Connection	Motorized disconnectors, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), reverse polarity detection, DC ground fault and insulation detection			
AC Connection	Motorized AC circuit breakers, Overvoltage protection (Type 1 + 2 SPD), Anti-islanding, Voltage failure, Frequency failure			
Over-temperature Protection	Included			
Emergency Push Button	Included			
Components Proteus PV Station				
Inverters	2 x Proteus PV 4100	2 x Proteus PV 4300	2 x Proteus PV 4500	2 x Proteus PV 4700
Transformer ⁽¹⁾⁽⁸⁾	Dyn KNAN / ONAN			
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁸⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV			
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional			
Others ⁽¹⁾	Auxiliary cabinet			
Communications				
Control ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP (Profinet upon request)			
Monitoring ⁽¹⁾	Modbus TCP / IP			
Websserver	Included			



IEC version
2 x PV

