

REGIONE
BASILICATA



PROVINCIA DI
MATERA



COMUNE DI
STIGLIANO

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO
A TERRA "STIGLIANO" DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW
LOCALITA' "STANZALAURO" NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE ARCHITETTONICHE



PROPONENTE:

COMPAGNIA DEL SOLE DUE S.R.L.
P.IVA IT04320530985
VIA ALDO MORO, 28
25043- BRENO (BS)

PROGETTAZIONE:

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

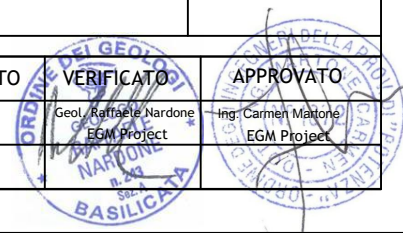



Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H



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.6	R				
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	GENNAIO 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project




	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 1 di 35</p>
---	--	---

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	IMPIANTO FOTOVOLTAICO	3
	2.1 Pannelli fotovoltaici	3
	2.2 Stringhe.....	6
	2.3 Strutture di supporto.....	7
	2.4 Cassette di stringa	8
	2.5 Cabine di campo e inverter	9
	2.6 Trasformatore	15
	2.7 Cabina di consegna	16
	2.9 Soluzioni impiantistiche di protezione	18
	2.9.1 Protezione contro i contatti diretti.....	18
	2.9.2 Protezione contro i contatti indiretti.....	19
	2.9.3 Protezione dai sovraccarichi.....	21
	2.9.4 Protezione conduttori contro il corto circuito.....	21
	2.9.5 Protezione contro i fulmini	22
	2.10 Apparecchiature e componenti	23
	2.11 Impianto di videosorveglianza e illuminazione	28
	2.12 Recinzioni e cancelli	29
	2.13 Viabilità.....	30
	2.14 Fondazioni.....	31
	2.15 Movimenti di terra	31
3	OPERE DI CONNESSIONE.....	31
	Cavi AT.....	31

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 2 di 35</p>
---	--	---

Cavi BT34

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 3 di 35
---	---	--

1 PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, tramite l’installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su idonee strutture metalliche di supporto posizionate in direzione Est-Ovest e con inclinazione verso sud di 20°.

I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa" che, a sua volta, sarà collegata in parallelo con le altre in apposite cassette di stringa (combiner box). Dai quadri di parallelo l'energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo in cui sono installati gli inverter centralizzati che la trasformano in corrente alternata. Le cabine di campo ospitano anche il trasformatore e fungono anche da "cabine di trasformazione" incrementando il voltaggio fino alla tensione (AT) 36kV.

L'impianto è caratterizzato da una potenza di picco installata in corrente continua di 20 MW .

L’impianto in oggetto, sarà ubicato in località “Stanzalauro” nel Comune di Stigliano (MT) circa 4 Km in linea d’aria in direzione sud rispetto al nucleo urbano. La scelta del sito è stata dettata dai buoni livelli di irraggiamento e non incidenza su aree protette, in particolare, i terreni individuati per la realizzazione del campo agrivoltaico non ricadono nelle zone non idonee individuate dal PIEAR della Regionale Basilicata.

2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

2.1 Pannelli fotovoltaici


Al fine di ottimizzare la produzione di energia, l'impianto fotovoltaico in progetto sarà composto da un modulo monocristallino tipo EG-680NT66-HU/BF-DG o similare, questi moduli a doppio vetro hanno la capacità di convertire le luci incidenti sul lato posteriore in elettricità in aggiunta a ciò che viene generato dal lato anteriore, fornendo una maggiore potenza di uscita, un coefficiente di temperatura inferiore, una minore perdita di ombra e una maggiore tolleranza per il carico



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 4 di 35</p>
---	--	---

meccanico, risultando più performanti e più convenienti in termini di generazione di energia solare, nonché tolleranza per ambienti difficili e condizioni meteorologiche estreme.

I pannelli sfruttano la tecnologia “Tunnel Oxide Passivated Contact”, è una tecnologia di celle di silicio di tipo N più avanzata.

La principale differenza tra celle solari di tipo P e di tipo N è il numero di elettroni. In una cella di tipo P, il wafer di silicio è drogato con boro, un elemento con un elettrone in meno rispetto al silicio. Questo rende la cella carica positivamente. In un tipo N, la cella è drogata con fosforo che ha un elettrone in più rispetto al silicio, rendendo la cella carica negativamente.

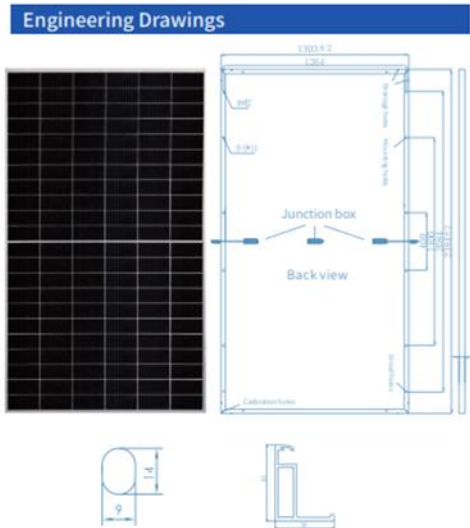
Le celle di tipo N restituiscono valori di efficienza più elevati rispetto alle loro controparti di tipo P. Inoltre, a differenza delle loro cellule di tipo P, non sono influenzate dalla degradazione indotta dalla luce. Come mostrato nella figura, lo strato ultrasottile SiO₂ funge da strato di passivazione superficiale tra la superficie posteriore in Si e il "contatto" posteriore (lo strato di poli-silicio). Inoltre, lo strato di SiO₂ deve anche essere abbastanza sottile in modo che la corrente possa attraversarlo in modo quanto-meccanico. Lo strato di poli-Si è altamente drogato per produrre uno strato ad alta conduttività. Questo strato ad alta conduttività fungerà quindi da contatto per la raccolta di corrente. Inoltre, in un TOPCON di tipo n, lo strato poli-Si è tipicamente drogato con fosforo per fornire la passivazione del campo (campo della superficie posteriore).

In allegato alla presente relazione è presente la scheda tecnica di dettaglio del modulo, mentre nel seguito si riportano le caratteristiche principali:

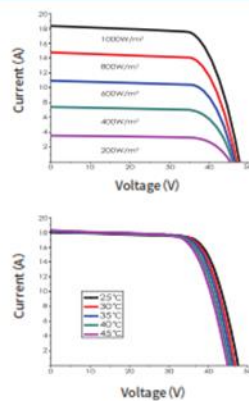
- **produttore: EGing PV;**
- **modello: EG-680NT66-HU/BF-DG;**
- **tipologia: Bifacciali**
- **potenza di picco: 685 Wp;**
- **tensione massima di sistema: 1500V DC**
- **efficienza del modulo: 22.05%**
- **tensione a circuito aperto (Voc a STC): 47.64 V;**
- **corrente di corto circuito (Isc a STC): 18.22 A;**

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

- **dimensioni: 2384×1303x35 mm;**
- **peso: 38.3 kg.**



I-V Curves



Packing Configuration

Pieces per pallet	31
Size of packing (mm)	1350*1130*2510
Weight of packing (kg)	1252
Pieces per container	558
Size of container	40' HC

Electrical Characteristics

Power level	660	665	670	675	680	685
Pmax (W)	660	665	670	675	680	685
Vmp (V)	38.78	38.99	39.21	39.43	39.63	39.85
Imp (A)	17.02	17.06	17.09	17.12	17.16	17.19
Voc (V)	46.61	46.78	47.01	47.22	47.43	47.64
Isc (A)	18.03	18.07	18.10	18.14	18.18	18.22
Module efficiency (%)	21.24	21.40	21.56	21.72	21.89	22.05
Maximum system voltage (V)	1500					
Fuse Rating (A)	30					
Temperature coefficient Pmax (%/°C)	-0.30					
Temperature coefficient Isc (%/°C)	0.04					
Temperature coefficient Voc (%/°C)	-0.25					

STC: Irradiance 1000W/m², module temperature 25°C, AM=1.5

Bifacial Output-Backside Power Gain

10%	Pmax(W)	726	731	737	742	748	753
	Module efficiency (%)	23.37	23.53	23.73	23.89	24.08	24.24
20%	Pmax(W)	792	798	804	810	816	822
	Module efficiency (%)	25.50	25.69	25.88	26.08	26.27	26.46

Working Characteristics

Power level	660	665	670	675	680	685
Pmax (W)	502	506	509	512	516	520
Vmp (V)	36.41	36.62	36.76	36.92	37.10	37.30
Imp (A)	13.79	13.82	13.85	13.88	13.91	13.95
Voc (V)	44.11	44.28	44.41	44.63	44.82	45.00
Isc (A)	14.53	14.56	14.59	14.62	14.65	14.68
Power tolerance (%)	0+3					
NOCT (°C)	44±2					

NOCT: Conditions: Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s


Mechanical Characteristics

Number of cells	132pcs
Size of cell (mm)	210*105
Type of cell	N-type Mono
Thickness of glass (mm)	2.0
Type of frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68
Size of module (mm)	2384*1303*35
Weight (kg)	38.3
Cables/connectors	4mm², MC4 compatible
Length of Cabel	Portrait: +300mm/-300mm

Maximum Ratings

Operating Temperature(°C)	-40-85
Operating humidity(°C)	5-85
Allowable Hail Load	25mm ice-ball with velocity of 23m/s

Caratteristiche moduli fotovoltaici

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 6 di 35
---	---	--

2.2 Stringhe

Di seguito i dati nominali della stringa (rif. Condizioni STC):


Dal punto di vista del collegamento elettrico, si prevede di collegare i moduli in serie, per formare una "stringa". Sono previste due tipologie di stringhe, entrambe da 2 righe ma con numero di colonne di 14. Dunque si avranno stringhe da 28moduli.

Ogni stringa, pertanto, produce una potenza pari a:

$$28 \times 685 \text{ W} = 19,18 \text{ kW}$$

Di seguito i dati nominali della stringa (Condizioni STC: *Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5*):

DATI PANNELLO			
Marca	EGing PV		
Modello	EG-685NT66-HU/BF-DG		
Potenza nominale (STC)	P _{max}	W	685
Potenza condizioni operative (40°)	W _p	W	617
Tensione alla potenza massima	V _{MPP}	V	37,9
Corrente alla potenza massima	I _{MPP}	A	17,16
Tensione circuito aperto	V _{oc}	V	45
Corrente di corto circuito	I _{sc}	A	18,39
Efficienza del modulo	Eff	%	20,9%
Stringa			
Numero moduli			28
Potenza massima	P _{MAX}	kW	19,18
Tensione alla potenza massima	V _{MPP}	V	1115,8
Tensione circuito aperto	V _{oc}	V	1333,92
Corrente alla potenza massima	I _{MPP}	A	17,19
Corrente di corto circuito	I _{sc}	A	18,22
Calcoli per variazione di temperatura			
Temperatura STC	T _{STC}	°C	25

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)			DATA: GENNAIO 2023 Pag. 7 di 35
	RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE			

Coefficiente di temperatura per I_{sc}	$\alpha_{I_{sc}}$	%/°C	0,04
Coefficiente di temperatura per V_{oc}	$\beta_{V_{oc}}$	%/°C	-0,25
Coefficiente di temperatura per P_{MAX}	$\gamma_{P_{mp}}$	%/°C	-0,3
Temperatura minima	T_{min}	°C	-10
Temperatura massima	T_{max}	°C	40
Numero moduli			28
Tensione minima stringa	V_{min}	V	1073,95
Tensione massima stringa	V_{max}	V	1450,64
Corrente massima stringa (40°)	I_{max}	A	17,29

Dove:

V_{min} STRINGA è la tensione minima V_{MPP} della stringa alla massima temperatura ambiente del sito (40°C) calcolata come segue:

$$V_{min} = V_{MPP(25^\circ)} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot \Delta T) = V_{MPP(25^\circ)} \cdot (1 + \beta_{V_{oc}} \cdot (40-25))$$

$$V_{min} = 1115,8 \cdot (1 + (0,25\%) \cdot 15) = \mathbf{1073,95 V}$$

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

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

$$V_{max} = 1333,92 \cdot (1 + (-0,25\%) \cdot (-35)) = \mathbf{1450,64 V}$$


I_{max} STRINGA è la corrente massima I_{MPP} della stringa a condizioni STC alla massima temperatura ambiente del sito (40°C) calcolata come segue:

$$I_{max} = I_{MPP(25^\circ)} \cdot (1 + \alpha_{I_{sc}} \cdot \Delta T) = I_{MPP(25^\circ)} \cdot (1 + \alpha_{I_{sc}} \cdot (40-25))$$

$$I_{max} = 17,19 \cdot (1 + (-0,04\%) \cdot (-35)) = \mathbf{17,29 A}$$

2. 3 Strutture di supporto

I supporti dei pannelli sono costituiti da strutture in carpenteria metallica direttamente infissi nel terreno. I pannelli sono disposti su una struttura a 2 appoggi, composta da profilati metallici

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 8 di 35
---	---	--

distanziati tra loro da elementi trasversali, che formano la superficie di appoggio dei pannelli. Tale struttura è collegata a dei montanti verticali, costituiti da pali metallici di opportuno diametro, che garantiscono l'appoggio del terreno per infissione diretta, senza ricorso quindi a fondazioni permanenti. I supporti sono progettati per ospitare un sistema monoassiale di tipo fisso, con inclinazione del pannello a 20° rispetto l'orizzontale.

2.4 Casette di stringa

Le stringhe da 28 moduli saranno unite in parallelo per formare un array di massimo 18 stringhe raccolte a livello elettrico in quadri di parallelo di campo denominati cassette di stringa o “combiner box” dotate anche di cablaggio dati per il monitoraggio da remoto dell'input elettrico di potenza e dei dati di produzione.

Le combiner box sono cassette di controllo intelligente (SMART) che consentono la misura della corrente di ogni singola stringa in ingresso dal generatore solare e permettono di realizzare in uscita il parallelo di tutte le stringhe di moduli FV ad essi collegate. Le smart box, altamente performanti, implementano la misura della corrente mediante trasduttori ad effetto Hall e favoriscono una puntuale localizzazione delle problematiche del campo FV minimizzando i tempi di mancata produzione ed agevolando l'intervento mirato e tempestivo del service. Ogni cassetta è equipaggiata con protezioni a varistori SPD contro le sovratensioni; il sezionatore in uscita ed i portafusibili in ingresso permettono di isolare il singolo sottocampo FV o le singole stringhe dal resto dell'impianto, consentendo agli operatori di lavorare in piena sicurezza.

Caratteristiche principali:


Ingressi DC: 18 stringhe (massimo)

Massimo voltaggio uscita: 1500 V

Le cassette di stringa saranno in totale 61, così divise per i diversi sottocampi:

- **Sottocampo 1:**
 - **Inverter 1 – 282 stringhe collegate a 16 Smart Combiner Box;**
 - **Inverter 2 – 288 stringhe collegate a 16 Smart Combiner Box;**
- **Sottocampo 2:**
 - **Inverter 1 – 288 stringhe collegate a 16 Smart Combiner Box;**
 - **Inverter 2 – 223 stringhe collegate a 13 Smart Combiner Box;**

Le cassette saranno distribuite e installate fisicamente sul campo in prossimità della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici mediante appositi ancoraggi e staffaggi in acciaio zincato, immorsati nel terreno.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 9 di 35</p>
---	--	---

2.5 Cabine di campo e inverter

Dai quadri di parallelo l’energia prodotta verrà trasferita in corrente continua mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo (Power Station) che fungono da cabine di conversione da corrente continua (1500V DC) in corrente alternata (690V AC) e di trasformazione in grado di incrementare il voltaggio fino all’alta tensione (AT 36kV).

Nel presente progetto è prevista la divisione dell’impianto in 5 sottocampi, ognuno gestito da una power station Gamesa Electric PV Proteus 2x4700, con doppio inverter da 4700 kVA (potenza nominale a 40°C), e trasformatore a doppio secondario della potenza di 9000kVA realizzato su skid e idoneo al posizionamento esterno.

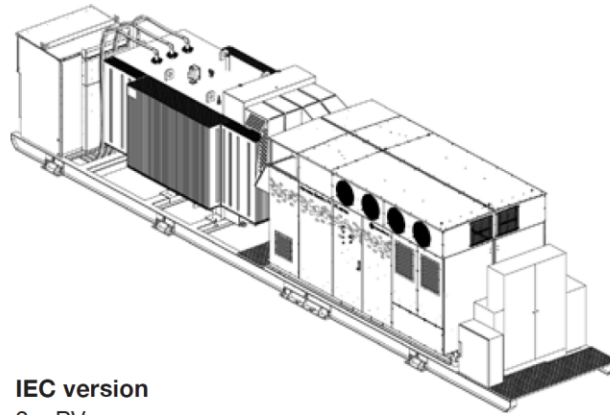


Figura 1: Soluzione integrata su skid composto da 2 inverter e trasformatore con doppio secondario


RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

Components Proteus PV Station

Inverters	2 x Proteus PV 4700
Transformer ⁽¹⁾⁽⁶⁾	Dyn KNAN / ONAN
Switchgear ⁽¹⁾⁽⁶⁾	0L1V / 1L1V / 2L1V up to 36 kV
Custom Auxiliary Transformer ⁽¹⁾	Optional
Others ⁽¹⁾	Auxilliary cabinet



IEC version
2 x PV

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 11 di 35
RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE		

Gamesa Electric Proteus PV Station	
Number of Gamesa Electric Proteus PV Inverters	2 x Proteus PV 4700
DC Connection	
DC Voltage Range ⁽¹⁾	955 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	955 - 1300 V
Number of Power Modules	4, 2 independent MPPT
Max. DC Current @40°C [104°F]	4 x 2500 A
Max. DC Current @50°C [122°F]	4 x 2313 A
Max. DC Current @55°C [131°F]	4 x 2220 A
Max. DC Current @60°C [140°F]	4 x 1110 A
Number of DC Ports ⁽¹⁾	max 48 fuse +/- monitored
	max 72 fuse + monitored
AC Connection	
Number of Phases	Three-phase
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	9418 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	8178 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	8366 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	4182 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms / 2 x 3940 Arms
Nominal AC Voltage, LV side ⁽¹⁾	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)

Ogni Power Station è in grado di garantire una potenza nominale AC in uscita a 40° di 9418 kVA gestita dalla coppia di inverter Proteus 4700 aventi le seguenti caratteristiche:

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

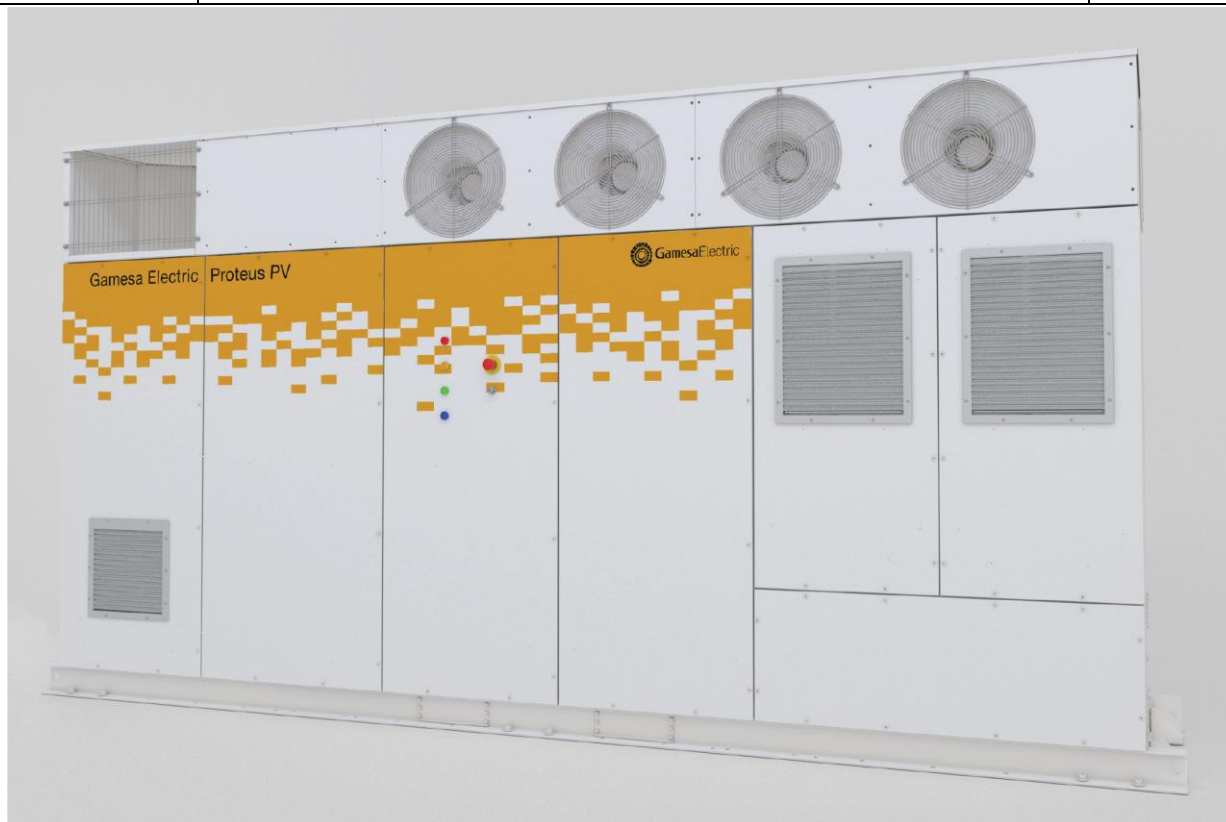


Figura 2: Inverter Gamesa Electric Proteus PV

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

Gamesa Electric
Proteus PV 4700

DC Input

DC Voltage Range ⁽¹⁾	955 - 1500 V
DC Voltage Range MPPT ⁽¹⁾	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% Pn approx.

AC Output

Number of phases	Three-phase
Nominal AC Power Total @40°C [104°F]	4709 kVA
Nominal AC Power Total @50°C [122°F]	4358 kVA
Nominal AC Power Total @55°C [131°F]	4183 kVA
Nominal AC Power Total @60°C [140°F]	2091 kVA
Maximum AC Current @40°C [104°F]	3940 Arms
Nominal AC Voltage ⁽¹⁾	690 Vrms
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)
Maximum Wire Cross Section per AC Output Phase	6 x 400 mm ²

Performance

Max. Efficiency	99.45%
Euro Efficiency	99.24%
CEC Efficiency	99.14%
Stand-by Power Consumption	< 200 W

General Data

Temperature Range - Operation ⁽²⁾	-20°C / +60°C [-4°F / +140°F]
Maximum Altitude ⁽³⁾	< 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

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE


DATI INVERTER

MARCA	Gamesa Electric		
Modello	Proteus PV 4700		
Tensione minima avvio inverter	V_{min_inv}	955	V
Tensione massima in ingresso	V_{max_inv}	1500	V
Numero MPPT	MPPT	1	
Numero ingressi per MPPT		2	
Corrente massima per ingresso		2500	A
Corrente massima Inverter (40°)	I_{MPP}	5000	A
Corrente corto circuito	I_{sc}	9000	A
Potenza nominale	P_n	4700	W
Numero totale ingressi	N_{IN}	24	
Rapporto DC/AC ammesso		2	
Numero stringhe	N_{st}	1	
Potenza massima in ingresso	P_{IN}	5485,48	W

combiner box

numero ingressi	$n_{in-comb}$	18,0	
Potenza uscita	P_{comb}	345,24	kW
corrente massima	$V_{max-comb}$	400,0	A
Corrente massima (STC)	I_{max}	304,12	A VERIFICATO
Corrente di corto circuito (STC)	I_{sc}	323,68	A VERIFICATO

Comb-box collegate	n_{comb}	16	VERIFICATO
Fusibile ingresso		400	A VERIFICATO
Potenza massima	P_{DC-IN}	5523,48	kW
rapporto DC/AC		1,31	VERIFICATO
Tensione minima stringa	V_{min}	1073,95	V VERIFICATO
Tensione massima stringa	V_{max}	1450,64	V VERIFICATO
Corrente massima	I_{max-IN}	4979,52	A VERIFICATO
Corrente di corto circuito	I_{sc-IN}	5247,36	A VERIFICATO


	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 15 di 35
---	---	---

Ogni inverter è dotato di un unico MPPT dotato di 2 ingressi DC con un corrente massima a 40° di 2500 A. La corrente massima in ingresso con il collegamento di 16 combiner box è inferiore alla corrente massima in ingresso dell’inverter, pertanto, in caso di condizioni STC, l’inverter consentirà l’immissione della corrente di stringa a limite massimo consentito.

2. 6 Trasformatore

Nel presente progetto è prevista la divisione dell'impianto in 5 sottocampi. In ogni sottocampo è prevista una power station con doppio inverter in cui verrà installato il trasformatore di elevazione BT/AT della potenza di 9000 kVA. Sarà a doppio secondario con tensione di 690V ed avrà una tensione al primario di 36kV con le seguenti caratteristiche a seguito:

- Tipo **olio** (avvolgimenti impregnati)
- Nucleo magnetico realizzato con lamierini a cristalli orientati a basse perdite
- Dimensioni tipo: 2240 (a) x1120 (b) x2390 (c) mm
- Peso: 9000 Kg ca
- frequenza nominale 50 Hz
- Tensione primario 36 KV
- Tensione secondario 0,69 KV
- Perdite 6%
- simbolo di collegamento Dyn
- collegamento primario triangolo
- collegamento secondari a stella
- classe ambientale E2
- classe climatica C2
- comportamento al fuoco F1
- classe di isolamento termico primarie e secondarie F/F
- temperatura ambiente max. 40 °C
- installazione interna

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 16 di 35</p>
---	--	--

- tipo raffreddamento: KNAN estere con raffreddamento naturale ad aria altitudine sul livello del mare $\leq 1000\text{m}$


2.7 Cabina di consegna

L’impianto si collegherà alla rete elettrica mediante nuova cabina di consegna collocata all’interno dell’area dell’impianto dove verrà effettuata la misura e la consegna dell’energia prodotta con la rete di Terna. La cabina sarà del tipo prefabbricato realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante, completa di porte di accesso e griglie di aerazione. Le dimensioni seguiranno gli standard tecnici di Terna con una lunghezza di circa 19 m, e una larghezza di circa 5 m.

Le pareti sia interne che esterne, saranno di spessore non inferiore a 7-8 cm e il tetto di spessore non inferiore 6-7 cm, impermeabilizzato con guaina bituminosa elastomerica applicata a caldo per uno spessore non inferiore a 4 mm e successivamente protetta. Il pavimento sarà dimensionato per sopportare un carico concentrato di 50 kN/m² ed un carico uniformemente distribuito non inferiore a 5 kN/m².

Sul pavimento saranno predisposte apposite finestre per il passaggio dei cavi AT e BT, completo di botola di accesso al vano cavi. L’armatura interna del monoblocco elettricamente collegata all’impianto di terra, in maniera tale da formare una rete equipotenziale uniformemente distribuita su tutta la superficie.

I materiali da utilizzare per le porte e le griglie sono o vetroresina stampata, o lamiera zincata (norma CEI 11-1), ignifughe ed autoestinguenti. La base della cabina sarà sigillata alla platea, mediante l’applicazione di un giunto elastico tipo: ECOACRIL 150; successivamente la sigillatura sarà rinforzata mediante cemento anti-ritiro. Anche la fondazione della cabina sarà prefabbricata e per l’alloggio dovrà essere realizzata un’apposita area con livellazione e costipamento del terreno e predisposizione di un letto di sabbia, previo uno scavo a sezione ampia per l’asportazione del terreno coltivato.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 17 di 35
---	---	---

2.8 Potenza dell'impianto

L'impianto, come detto, è suddiviso in 2 "sottocampi", caratterizzati dalle seguenti potenze di picco:

- **Sottocampo 1:**

15.960 moduli da 685 Wp

32 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.700 kVA

Potenza totale in DC: 10.932,6 kWp

Potenza totale in AC: 9.400 kVA

- **Sottocampo 2:**

14.308 da 685 Wp

29 smart combiner box

2 inverter centralizzato da 4.700 kVA

Potenza totale in DC: 9.800,98 kWp

Potenza totale in AC: 9.400 kVA


In totale, quindi, saranno installati 30.268 moduli per una potenza di picco installata in corrente continua pari a:

$$30.268 \text{ moduli} \times 685 \text{ Wp} = 20 \text{ MW DC}$$

La potenza apparente totale dell'impianto, in corrente alternata, data dalla somma della potenza degli inverter sarà pari a:

$$4.700_{(1.1)} + 4.700_{(1.2)} + 4.700_{(2.1)} + 4.700_{(2.2)} = 18.800 \text{ kVA}$$

Assumendo un cosfi di 0,80 ne deriva una potenza nominale in AC di 15,04 MW con un rapporto DC/AC pari a 1,33.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 18 di 35
---	---	---

2.9 Soluzioni impiantistiche di protezione

2.9.1 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;
- 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

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 19 di 35
---	---	---

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.

2.9.2 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:

- 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.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 20 di 35</p>
---	--	--

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 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.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 21 di 35
---	---	---

2.9.3 Protezione dai sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una conduttura avente corrente di impiego I_b e portata I_z ($I_b < I_z$) si deve installare nel circuito della conduttura 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

2.9.4 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

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 22 di 35</p>
---	--	--

più 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).

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).

2.9.5 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.


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.

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.

Impianto di terra

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 23 di 35</p>
---	--	--

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.

2.10 Apparecchiature e componenti

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.

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 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.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 24 di 35
---	---	---


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.

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 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.

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 25 di 35
---	---	---

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.

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.

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.

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;

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 26 di 35
---	---	---

- 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.

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 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

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 27 di 35</p>
---	--	--

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.

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 protezione ostacolano la libera circolazione dell'aria, il che potrebbe

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 28 di 35</p>
---	--	--

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.

2.11 Impianto di videosorveglianza e illuminazione

Si installerà un impianto anti-intrusione perimetrale comprensivo di filo di movimento, sensori perimetrali e tutto il necessario per rendere l'impianto funzionante. Inoltre verrà realizzata una trincea lungo il perimetro, per il passaggio del cavo dati necessario alla realizzazione dell'impianto di video sorveglianza e del cavidotto di illuminazione. I pali per l'illuminazione saranno lampioni solari stradali con corpo illuminante a LED, collegati da un cavidotto di tubi in polietilene ad alta rigidità SN 4: Ø esterno 200 mm, Ø interno 172 mm.

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

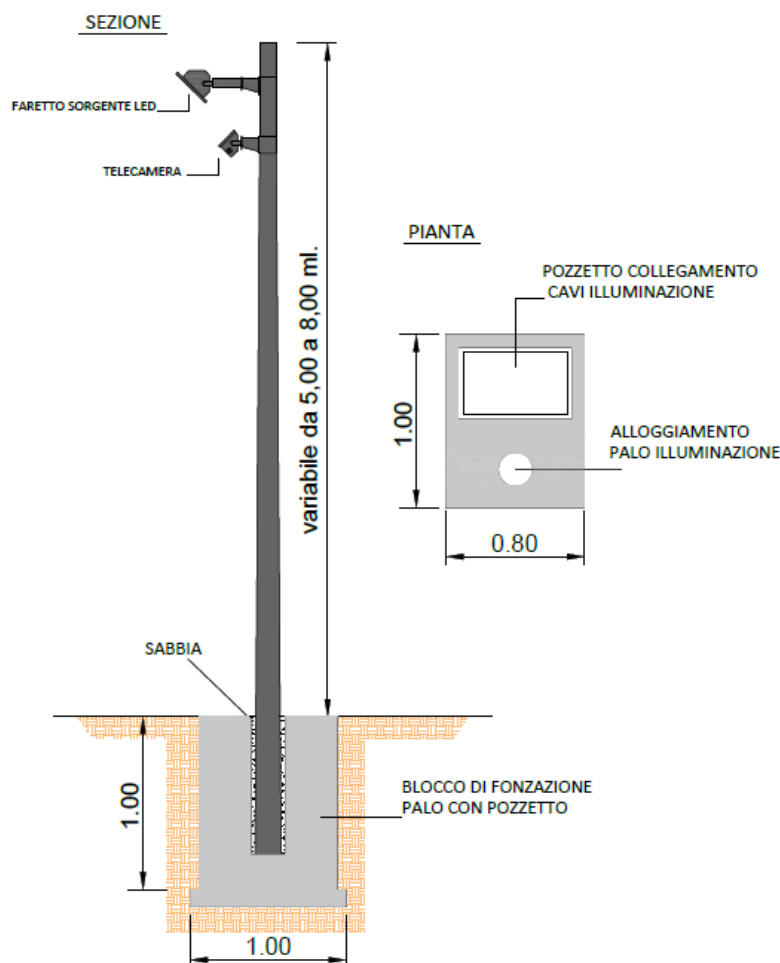


Figura 3 – Particolare palo di illuminazione con pozzetto di fondazione e videocamera

2.12 Recinzioni e cancelli

Lungo il perimetro, verrà collocata una recinzione metallica con maglia 50x50 mm, in filo di ferro zincato, Ø 2 mm, di altezza 2 m ancorata a pali di sostegno in profilato metallico a T.

Per l'ingresso previsto un cancello carrabile largo m 7,00 ed un cancello in acciaio S235 JR secondo la norma UNI EN 10025 di altezza 2 m, completo di serratura manuale e guide di scorrimento a terra, inserito fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE

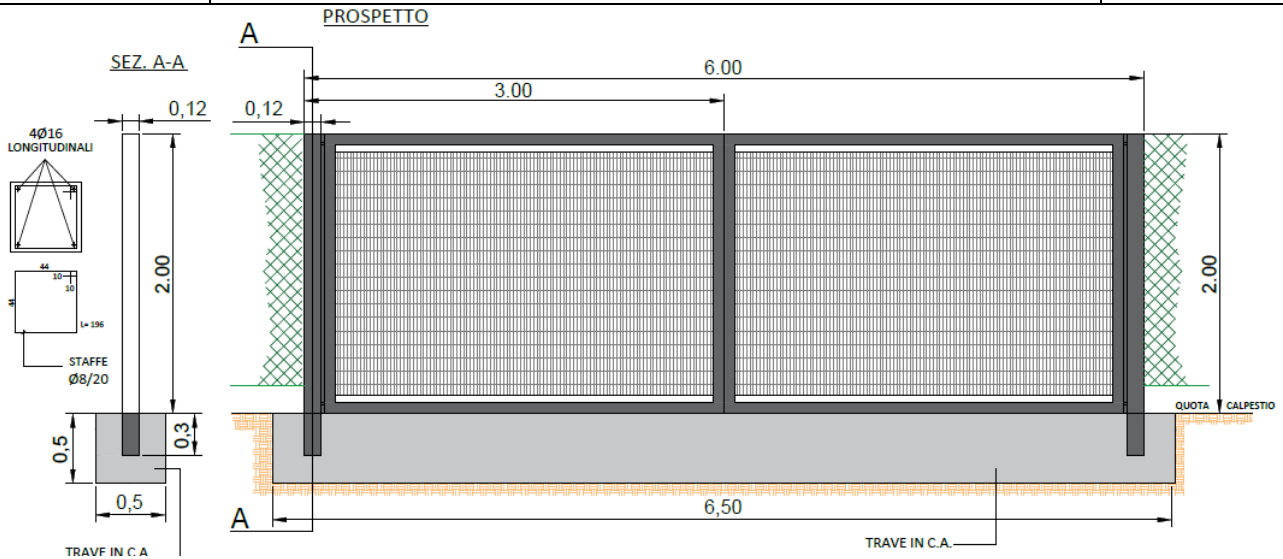


Figura 4 -Particolari cancello

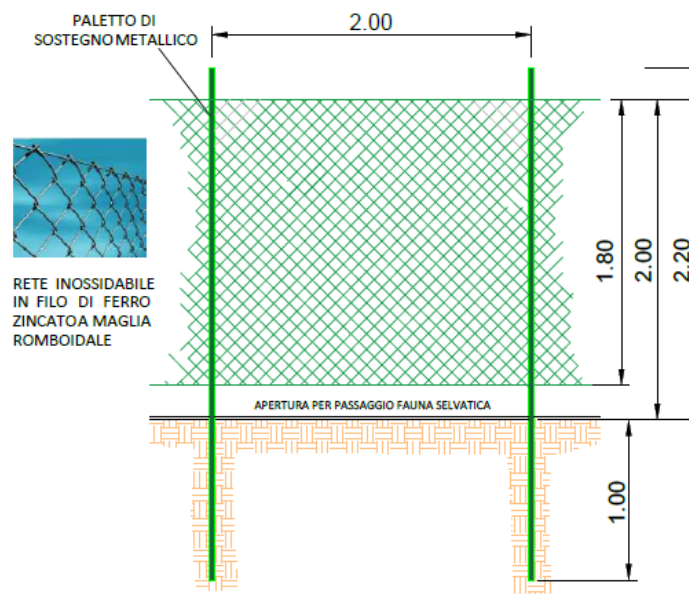



Figura 5 – Particolare recinzione

2.13 Viabilità

Allo scopo di consentire la movimentazione dei mezzi nella fase di esercizio saranno realizzate delle strade di servizio (piste) all'interno dell'area di impianto. La viabilità sarà tipicamente costituita da una strada perimetrale ed alcune trasversali interne di ampiezza pari a circa 3,0 m, saranno realizzate

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 31 di 35
---	---	---

con inerti compattati. Il materiale costituente le strade sarà idoneo alla formazione di rilevato stradale provenienti da cave di prestito.

2.14 Fondazioni

Le platee di fondazione per le due power station e per la cabina di consegna, saranno realizzate mediante getto in opera di calcestruzzo armato rck 250÷300 comprensivo di casseforme, previo magrone di sottofondazione in calcestruzzo rck. 200 e acciaio in barre per armature. Le fondazioni dei trasformatori in conglomerato cementizio saranno di dimensioni 20 x 5.8x 0.5 m.

2.15 Movimenti di terra

I rilievi effettuati sull’area in oggetto, evidenziano che il terreno, dove dovrà sorgere la nuova stazione, è praticamente pianeggiante; per cui non sono da prevedere movimenti di terra, se non di trascurabile entità.

3 OPERE DI CONNESSIONE

Cavi AT

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

Per il collegamento delle power station dei campi fotovoltaici si prevede la realizzazione di linee a 36kV a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce".

La rete a 36 kV, di lunghezza totale pari a circa 1,258 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo RG7H1R 26/45 kV o equivalenti con conduttore in rame.

L'isolamento sarà garantito mediante guaina termo-restringente.

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 di 50 cm. La

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT) RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 32 di 35
---	---	---

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 all’aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).


I cavi per l’impianto di alta tensione a 36 kV saranno del tipo RG7H1R 26/45 kV o similari, con conduttore rigido di rame rosso ricotto Classe 2 di tipo unipolare e/o unipolare avvolto ad elica, semiconduttore interno elastomerico estruso, isolamento in HEPR di qualità G7, guaina in PVC qualità RZ/ST2, direttamente interrati o infilati in corrugato.

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.

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:

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)</p> <p align="center">RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE</p>	<p>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 33 di 35</p>
---	--	--

$$I_z = I_0 \times k$$

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_{it} = fattore di correzione per posa interrata e temperature diverse da 20 °C;
- K_d = fattore di correzione per spaziatura tra cavi tripolari pari a 250 mm;
- K_p = fattore di correzione per profondità di posa diversi da 0.8 m (cavi direttamente interrati);
- K_r = fattore di correzione per valori di resistività termica diversa da 1,5 Km/W.

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno. La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità.

Tabella 1 – CAVI AT

VERIFICA CAVI AT - CORRENTE ALTERNATA					
CIRCUITO			Trasf. 2 – Trasf.1	Trasf. 1 – Cab. consegna	Cab. consegna – Stazione Terna
TIPO CAVO			RAME RG7H1R 26/45 Kv		
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36	36
	Cosφ		0,9	0,9	0,9
	Sinφ		0,4	0,4	0,4
Potenza nominale	Pn	MW	10,9	20	20
Corrente di impiego	I _b	A	194,23	356,39	356,39
Sezione cavo	S	mm ²	120	240	240
Lunghezza linea	L	m	1025,72	232,72	50
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,153	0,075	0,075
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,120	0,100	0,100
Caduta di tensione	ΔV	V	46,07	19,18	2,06
	ΔV	%	0,13%	0,05%	0,01%
VERIFICA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
Materiali isolamento			PVC	PVC	PVC
Portata nominale	I ₀	A	355	510	510

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)				DATA: GENNAIO 2023 Pag. 34 di 35
	RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE				

Temperatura terreno	T	°C	25	25	25
terne		nr	2	1	1
distanza		m	0,25	0,25	0,25
Profondità di posa		m	1,0	1,2	1,2
Resistività termica		K*m/W	1,5	1,5	1,5
K1	ktt		0,95	0,95	0,95
K2	kd		0,92	1,00	1,00
K3	kp		0,97	0,95	0,95
K4	kr		1	1	1
Portata del cavo	I_z	A	300,96	460,27	460,27
VERIFICA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

Cavi BT

I cavi BT saranno del tipo TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1 kV AC (1,5 kV DC), con conduttore in rame stagnato, flessibile, secondo IEC 60228 classe 5, isolante HEPR reticolato 120 °C (mescola tipo EI6/EI8) e guaina in gomma EVA reticolata 120 °C (mescola tipo EM4/EM8).

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 all'aerogeneratore 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 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;

	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRI-VOLTAICO A TERRA “STIGLIANO” DELLA POTENZA NOMINALE DI 20 MW IN LOCALITA’ “STANZALAURO” NEL COMUNE DI STIGLIANO (MT)	DATA: GENNAIO 2023 Pag. 35 di 35
RELAZIONE DELLE OPERE ARCHITETTONICHE		

K_4 =fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1Km/W.

Si riporta nel seguito la tabella con la verifica della relazione riportata pocanzi, in cui vengono tenuti in considerazione i combiner box con la maggiore e minore potenza nominale (essendo presenti stringhe di due tipologie i combiner differiscono non solo per numero di stringhe ma anche per numero di stringhe della stessa tipologia, e quindi anche per potenza DC).

Tabella 2 – CAVI BT

VERIFICA CAVI BT - CORRENTE CONTINUA					
CIRCUITO			Inverter 2.2	Inverter 1.1	Tutti
TIPO CAVO			ALLUMINIO TECSUN PV1-F 0,6/1 Kv AC (1,5kV DC)		
Moduli per stringa			28		
Potenza stringa		kW	19,18	19,18	19,18
Tensione trasporto	Vn	V	1500	1500	1500
Stringhe per combiner box		n	7	12	18
Potenza nominale C-box	Pn	kW	134,26	230,16	345,24
Corrente di impiego	I _b	A	89,5	153,44	230,16
Sezione cavo	S	mm ²	185	185	185
Lunghezza linea	L	m	126,93	405,81	766,07
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,108	0,108	0,108
Caduta di tensione	ΔV	V	2,19	11,98	33,93
	ΔV	%	0,15	0,8	2,26
VERIFICA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
Materiale isolamento			EPR	EPR	EPR
Portata nominale	I ₀	A	612	612	612
Temperatura terreno	T	°C	40	40	40
Cavi		n°	6	6	6
distanza		m	0,25	0,25	0,25
Profondità di posa		m	0,8	0,8	0,8
Resistività termica		K*m/W	1,2	1,2	1,2
K1			0,85	0,85	0,85
K2			0,80	0,80	0,80
K3			1,02	1,02	1,02
K4			0,93	0,93	0,93
Portata del cavo	I _z	A	394,76	394,76	394,76
VERIFICA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO