



COMUNE di MONTALTO di CASTRO

Alcione Rinnovabili srl
Largo Augusto n°3 - 20122 Milano (MI)



Società controllata al 100% da BayWa r.e. Italia srl
Largo Augusto n°3 - 20122 Milano (MI)

Coordinamento
PSEM 4.0
località Campomorto snc
01014 Montalto di Castro
Viterbo VT info@psem40.com



Progettazione
Il PROGETTISTA
Ing. Paolo Grande
N. 652
Ordine degli Ingegneri
Ragusa

R.C. Ing. Alessandro Cappello
Collaboratori
Dott. Ing. Salvatore Falla
Dott. Arch. Mirko Pasqualino Re
Dott. Ing. Valentino Otupacca



Opera
Progetto QUERCIOLARE
progetto di impianto fv a terra di potenza pari a 77,69 MW in DC e 65 MW in AC e delle opere connesse da installarsi nel territorio del comune di Montalto di Castro -VT-

Oggetto	Folder: VIA_2	Sez. R
	Nome Elaborato: VIA2_REL01_Relazione Tecnica Elettrica e Meccanica	Codice Elaborato: REL_01
	Descrizione Elaborato: Relazione Tecnica Descrittiva	

00	Aprile 2022	Emissione per progetto definitivo	Regran/Psem40	Sunwin	Alcione Rinnovabili
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Scala: -
Formato: A4

Sommario

1	Premessa	3
1.1	Inquadramento Generale	4
1.2	Condizioni Ambientali.....	5
2	Configurazione Lato Corrente Continua	6
2.1	Moduli fotovoltaici	8
2.2	Strutture di Sostegno.....	11
2.3	Inverter di stringa	13
2.4	Cavi in Corrente Continua.....	15
2.4.1	Cavi di Stringa	16
3	Configurazione Lato Corrente Alternata	17
3.1	Cabina di trasformazione.....	17
3.1.1	Trasformatore.....	20
3.1.2	Quadro BT.....	21
3.1.3	Quadro MT.....	21
3.1.4	Sezione ausiliari	22
3.2	Cabina MT di Smistamento.....	23
3.3	Cavi in Bassa Tensione	25
3.3.1	Modalità di installazione	25
3.4	Cavi in Media Tensione.....	27
3.4.1	Modalità di Installazione (distribuzione interna)	27
3.4.2	Modalità di installazione (distribuzione esterna ai campi).....	28
3.5	Sottostazione AT/MT	30
3.5.1	Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione	31
3.5.2	Trasformatore AT/MT.....	31
3.5.3	Cabina di SE Utente Produttore	32
3.6	Cavi in Alta Tensione	33
3.7	Modalità di Installazione	33
4	Verifiche di Coordinamento	34
4.1	Coordinamento meccanico	34
4.2	Coordinamento Elettrico Lato CC	35
4.3	Coordinamento Elettrico Lato CA.....	37

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo descrivere tecnicamente i componenti principali e verificare il corretto coordinamento dell'impianto di generazione di energia elettrica fotovoltaico denominato "Querciolare", da ubicarsi nel Comune di Montalto di Castro (VT), di potenza nominale complessiva pari a circa 77,69 MWp per una potenza di immissione complessiva in rete pari a 65 MW.

Per maggiore chiarezza, di seguito riportiamo la struttura della presente relazione tecnica:

- Configurazione lato Corrente Continua
 - o i moduli fotovoltaici,
 - o le strutture fotovoltaiche,
 - o gli inverter;
 - o cavi in Corrente Continua.

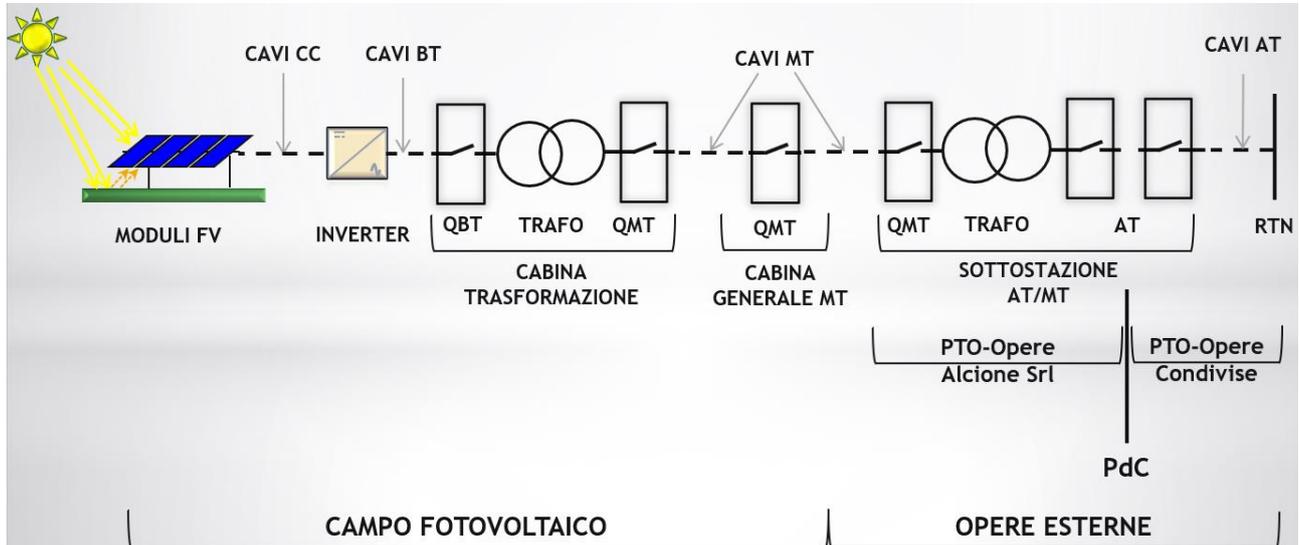
- Configurazione lato Corrente Alternata
 - o le cabine di trasformazione MT/BT;
 - o cavi in Media Tensione;
 - o la sottostazione di trasformazione AT/MT;
 - o cavi in Alta Tensione.

- Verifiche coordinamento
 - o coordinamento meccanico;
 - o coordinamento elettrico lato CC;
 - o coordinamento elettrico lato CA.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.1 Inquadramento Generale

L'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica è tipicamente molto vasto, poiché l'energia viene generata da ogni modulo fotovoltaico. Compito dei collegamenti elettrici è convogliare tutta l'energia prodotta in un solo punto. Di seguito è illustrato uno schema di principio dell'impianto fotovoltaico:



L'impianto FV ha la capacità di generare energia elettrica dai Moduli FV: ogni singolo Modulo FV trasforma l'irraggiamento solare in energia elettrica, generata in forma di corrente continua.

I pannelli FV sono posizionati su strutture dedicate (strutture FV), che sono in grado di massimizzare l'irraggiamento dal quale è investito il pannello lungo l'arco dell'intera giornata, e collegati elettricamente in serie a formare una "stringa" di moduli.

L'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata tramite collegamenti in cavo CC, e successivamente immessa negli inverter di stringa che sono in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT). L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà quindi trasformata in Media Tensione (MT) in Cabina di Trasformazione.

L'energia disponibile in corrente alternata MT verrà convogliata dalle varie cabine di trasformazione alla cabina di smistamento MT principale.

In uscita dal campo fotovoltaico è previsto un cavidotto esercito a 30 kV che permetterà di far arrivare l'energia generata alla sotto-stazione utente di trasformazione MT/AT (30/150 kV), condivisa con altri utenti produttori, ed infine verso il punto di consegna con la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), ovvero la stazione di trasformazione 150/380 kV di Terna.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.2 Condizioni Ambientali

L'impostazione delle condizioni di esercizio dell'impianto passa inevitabilmente dalla definizione delle condizioni ambientali dell'area dove sorgerà l'impianto fotovoltaico. Suddetta area dista qualche chilometro dal mare (in particolare intorno ai 6 km), per cui non risente dell'ambiente marino, particolarmente aggressivo e corrosivo.

I componenti principali saranno quindi adatti per l'utilizzo in ambiente C3 (Categoria di corrosione in accordo con la norma ISO12944), ovvero in zone definite come: "Fabbricati e componenti adatti a funzionare con un alto grado di umidità atmosferica ed un leggero inquinamento atmosferico derivante per lo più da produttori di alimenti, birrerie, caseifici e lavanderia"

Il sito di realizzazione dell'impianto presenta un'altitudine di poche decine di metri sopra il livello del mare (in particolare tra 30 e 75m slm), per cui elettricamente è una zona standard e non sottoposta ad alcuna limitazione di caratteristiche dielettriche limitate a causa dell'altitudine.

Ai fini del dimensionamento dei cavi elettrici, si considera il seguente intervallo di temperature ambiente:

intervallo temperature di funzionamento → -10 ... + 50°C

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2 Configurazione Lato Corrente Continua

La configurazione Lato Corrente Continua dell'impianto prevedere essenzialmente:

- una potenza DC pari a 77'697,84 kWp, dati da:
 - o Nr. 117'724 Moduli Fotovoltaici;
 - o collegati in nr. 4'108 stringhe;
 - o che confluiscono in nr. 301 Inverter di stringa.
- una potenza AC pari a 64'715,00 kVA.

Tutti questi componenti saranno sottesi a 52 cabine di trasformazione.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto e per la redazione del presente progetto sono realizzati dal produttore Trina Solar, modello TSM-DEG21C.20, e presentano una potenza nominale a STC¹ pari a 660 Wp.

Ciascun modulo è composto da 132 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, doppio vetro (frontale e posteriore) temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'384 x 1'303 x 35 mm ed un peso pari a 39 kg.

I moduli sono costituiti da Silicio mono-cristallino con tecnologia bifacciale: le celle fotovoltaiche realizzate tramite questa innovativa tecnologia costruttiva sono in grado di convertire in energia elettrica la radiazione incidente sul lato posteriore del modulo FV. L'incremento di energia generata rispetto ad un analogo modulo tradizionale/mono-facciale è dipendente da molti fattori, primo fra tutti l'albedo² del terreno, e può raggiungere fino a +25% in casi particolarmente favorevoli. Nel caso del presente impianto, in considerazione delle caratteristiche del terreno e delle condizioni installative dei moduli FV, si ritiene conseguibile un guadagno in termini di energia prodotta compreso tra +5% e +10%, come peraltro confermato da svariate pubblicazioni scientifiche a livello internazionale³;

Questi ed altri accorgimenti consentono di raggiungere un elevato valore di efficienza di conversione della radiazione solare in energia elettrica, pari a 21,6%, con la possibilità di aumentare ulteriormente l'energia prodotta in funzione del contributo bifacciale.

In Tabella 1 vengono riportate le principali caratteristiche elettriche del modulo FV considerato.

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

Modello modulo FV	TSM-DEG21C.20	
	STC	NOCT
Potenza massima [Wp]	660	499
Tensione alla massima potenza – Vmpp [V]	38.1	35.4
Corrente alla massima potenza – Impp [A]	17.35	14.10
Tensione di circuito aperto – Voc [V]	45.9	43.2
Corrente di corto circuito – Isc [A]	18.45	14.87
Efficienza nominale a STC [%]	21.2%	
Temperatura di funzionamento [°C]	-40 – +85	
Tensione massima di sistema [V]	1500 (IEC)	
Corrente massima fusibili [A]	35	
Coefficiente di temperatura - Pmax	-0.34%/°C	
Coefficiente di temperatura - Voc	-0.25%/°C	
Coefficiente di temperatura - Isc	0.040%/°C	

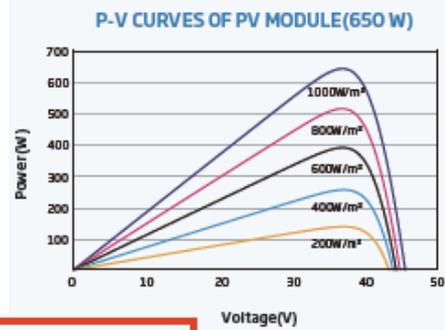
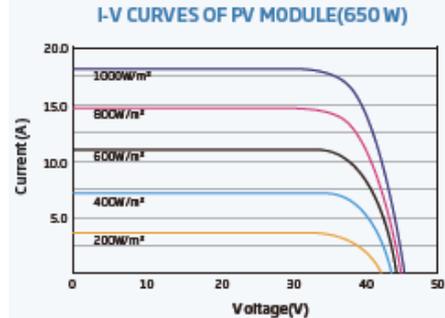
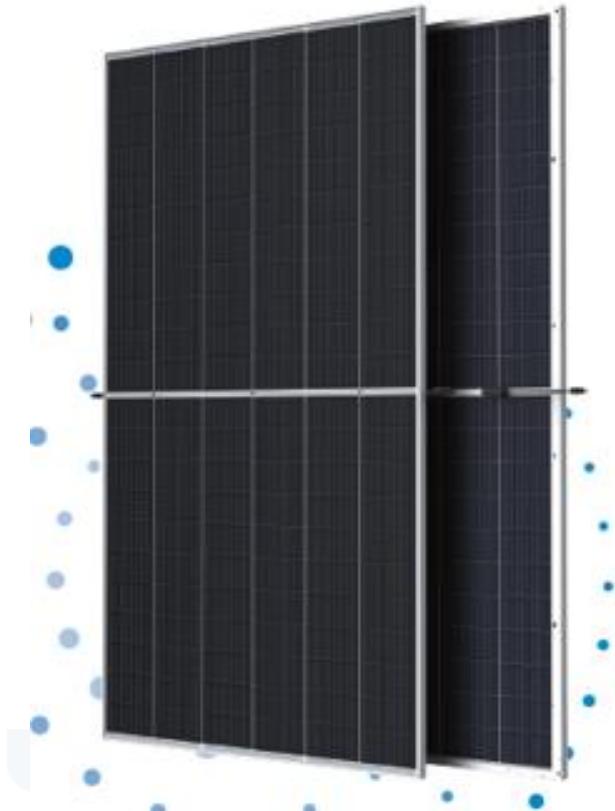
¹ STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m², temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

² Rappresenta la frazione di radiazione solare incidente su una superficie che è riflessa in tutte le direzioni. Essa indica dunque il potere riflettente di una superficie.

³ "bifiPV2020 Bifacial Workshop: A Technology Overview" – E.Urrajola et al. – BifiPV 2020 Workshop"

Revisione	Data	Descrizione
00	18-03-2022	Prima Emissione

Di seguito si riporta invece un estratto dal datasheet del modulo FV selezionato riportante le principali caratteristiche costruttive ed elettriche.



Preliminary

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	635	640	645	650	655	660	665	670
Power Tolerance-P _{max} (W)	0 ~ +5							
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	17.15	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39	17.43
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	18.21	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50	18.55
Module Efficiency η _m (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±2%

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

Total Equivalent power-P _{max} (Wp)	680	685	690	696	701	706	712	717
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	18.35	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60	18.63
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	19.48	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79	19.84
Irradiance ratio (rear/front)	10%							

Power bifaciality:70±5%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P _{max} (Wp)	480	484	488	492	495	499	504	508
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	34.6	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6	35.7
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	13.90	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16	14.20
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	42.3	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4	43.6
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	14.67	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91	14.95

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	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP6B rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 290/290 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / 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}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

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

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 558 pieces

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si prevede di realizzare stringhe costituite da 27 e 28 moduli FV collegati elettricamente in serie per i moduli installati su strutture fisse.

Le stringhe saranno direttamente attestate alla sezione di input degli inverter di stringa, tramite connettori MC4 o similari.

Si ritiene opportuno sottolineare come la scelta definitiva del produttore/modello del modulo fotovoltaico da installare sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità di moduli FV da parte dei produttori.

Le caratteristiche saranno comunque simili e comparabili a quelle del modulo FV precedentemente descritto, in termini di tecnologia costruttiva, dimensioni e caratteristiche elettriche e non sarà superata la potenza di picco totale dell'impianto (kWp).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.2 Strutture di Sostegno

Le strutture di sostegno utilizzate sono:

N° strutture fisse (2x27)	50 strutture
N° strutture fisse (2x28)	2'054 strutture

Per il presente progetto sono stati considerate le strutture fisse realizzate dal produttore Zimmermann, in configurazione 2P, ovvero due file di moduli posizionati verticalmente.



Figura 1 - immagine esemplificativa di struttura fissa in configurazione 2-P

Tutti gli elementi di cui è composta la struttura fissa (pali di sostegno, travi orizzontali, elementi di supporto e fissaggio dei moduli, ecc.) saranno realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato a caldo.

Tali strutture di sostegno vengono infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvitarmento, per una profondità di circa 2m. Non è quindi prevista la realizzazione di fondazioni in cemento o altri materiali. Tale scelta progettuale consente quindi di minimizzare l'impatto sul suolo e l'alterazione dei terreni stessi, agevolandone la rimozione alla fine della vita utile dell'impianto.

La massima altezza raggiungibile dai moduli FV sia pari a 2,44m, sempre alla massima inclinazione, che può variare con la pendenza del terreno. La distanza tra strutture è di circa 7,15m, che potrebbe variare in base alla pendenza del terreno.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Nella tabella di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle strutture fisse.

Tipologia di sistema	Fisso
Angolo di tilt	20°
Angolo di azimuth	0; 41°
Configurazione	28 moduli FV in configurazione portrait
Dimensioni	36,48 x 4,77 x 2,44 (altezza massima dal suolo)
Tipologia fondazioni	Pali infissi nel terreno
Superficie moduli FV	173,95 m ²
Grado di protezione	IP 55
Inclinazione massima del terreno	≤15°

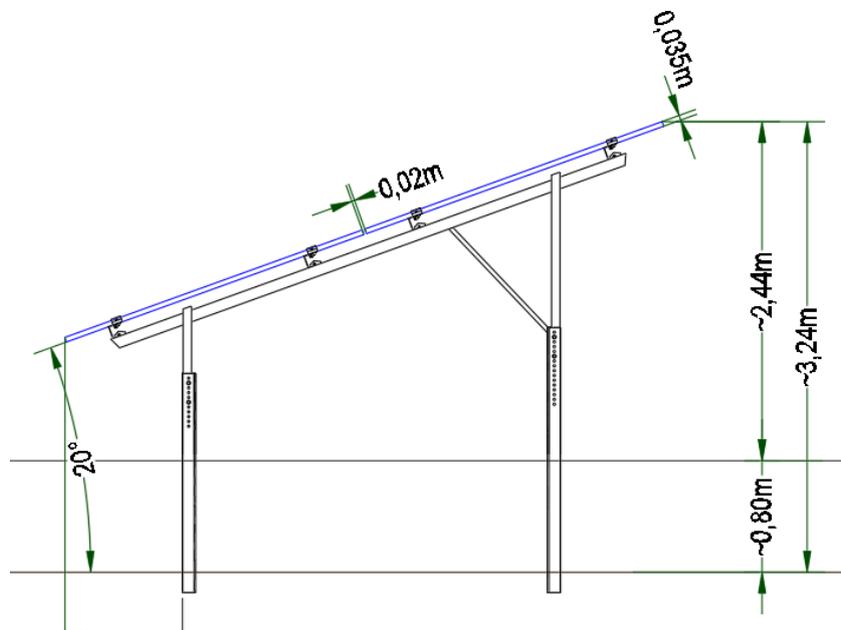


Figura 2 – Struttura fissa: modalità di installazione e principali quote

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3 Inverter di stringa

Per il presente progetto è previsto l'impiego di n°301 inverter di stringa Huawei, modello SUN2000-215KTL-H3, aventi una potenza nominale pari a 200 kW ciascuno.



Figura 3 - Inverter di stringa Huawei SUN2000-215KTL-H3

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questo inverter sono compatibili con quelli delle stringhe di moduli FV ad esso afferenti, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita (800 V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dalle stringhe; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 14 input; gli ingressi in corrente continua saranno protetti tramite sezionatori mentre la sezione in corrente alternata sarà protetta tramite interruttore.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 66, saranno installati direttamente in campo configurazione "outdoor" e risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV (intervallo di temperatura ambiente operativa: -25...+60 °C).

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'inverter selezionato. Si ritiene opportuno sottolineare che la scelta definitiva del produttore/modello dell'inverter centralizzato sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all'esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità da parte dei produttori. L'architettura d'impianto non subirà comunque alcuna variazione significativa. L'inverter selezionato è certificato secondo la norma CEI 0-16.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tabella 2 – Principali caratteristiche dell'inverter selezionato

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A@40°C
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4 Cavi in Corrente Continua

I cavi in corrente continua sono essenzialmente costituiti dai cavi di stringa, ovvero i cavi che collegano la stringa al corrispondente inverter di stringa.

La sezione CC verrà esercita con un Sistema Isolato. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in Sistema Isolato:

- prevede entrambi i poli (Negativo e Positivo) NON connessi a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

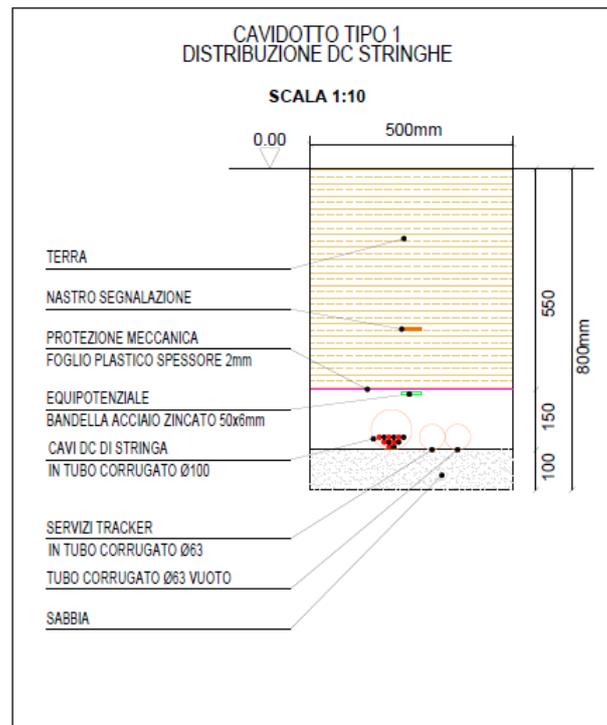
2.4.1 Cavi di Stringa

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC, ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Sono invece oggetto del presente capitolo, i cavi di stringa, ovvero quelli che connettono la stringa al corrispondente inverter.

Per verificare il corretto dimensionamento del cavo è necessario conoscere la modalità di installazione.

I cavi avranno tratti sia all'aperto (tipicamente lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici), sia sottoterra per il raggiungimento degli inverter di stringa.

Dato che il cavo avrà tratti in cui verrà esposto all'irraggiamento diretto è necessario che il cavo sia adatto a questo tipo di funzionamento. Dal punto di vista termico analizziamo la situazione più gravosa, ovvero l'installazione sottoterra, riportando un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 800mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 Configurazione Lato Corrente Alternata

La configurazione Lato Corrente Alternata dell'impianto prevedere essenzialmente:

- nr. 301 inverter che ricevono una potenza una potenza DC pari a 77'697,84 kWp (@STC) e la convertono in AC una potenza pari a 64'715,00 kVA;
- nr. 52 trasformatori MT/BT per una potenza complessiva nominale pari a 83'200,00 kVA.
- nr. 1 trasformatore AT/MT per una potenza complessiva totale pari 63(80) MVA.

3.1 Cabina di trasformazione

All'interno di ciascun campo saranno ubicate le cabine di trasformazione, realizzate in soluzione containerizzata, principalmente costituite da:

- Quadro BT
- 1 Trasformatore MT/BT;
- Quadro di media tensione;
- Quadro ausiliari.

Lo scopo di dette cabine è di ricevere la potenza elettrica in corrente alternata BT proveniente dagli inverter di stringa ubicati in campo, innalzarne il livello di tensione da BT a MT (da 800 V a 30 kV), collegarsi alla rete di distribuzione MT del campo al fine di veicolare l'energia generata verso la cabina di smistamento MT e successivamente verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT. In Figura 4 è riportato un layout preliminare di ciascuna cabina di trasformazione, nella quale è riportato il posizionamento dei principali componenti.

Saranno presenti cabine di una sola taglia, ovvero 1'600 kVA, a ciascuna delle quali risulteranno afferenti circa 6 inverter di stringa.

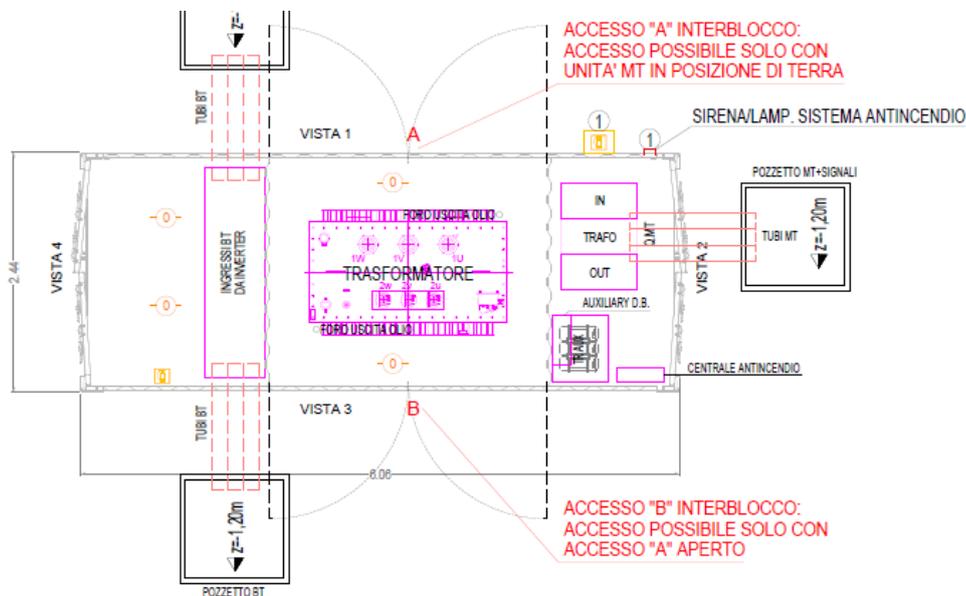


Figura 4 - Layout preliminare cabina di trasformazione BT/MT in configurazione skid

Le cabine di tipo container marino Hi-Cube da 20" ed hanno dimensioni approssimative pari a 6,06 x 2,89 x 2,44 m, e peso pari a circa 18 t, realizzate in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un

Revisione	Data	Descrizione
00	18-03-2022	Prima Emissione

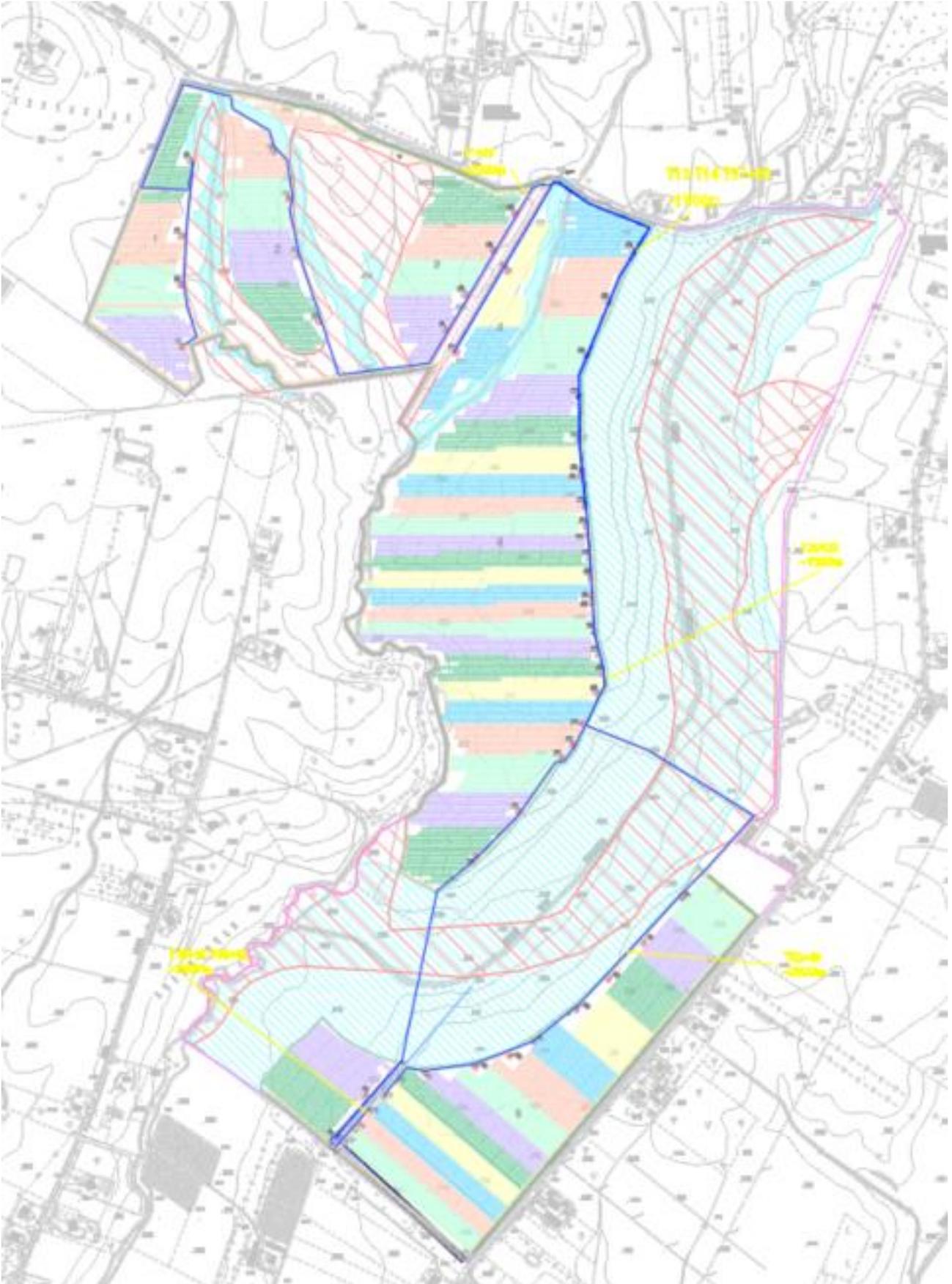
grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP54. Essendo tale cabina con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.



Figura 5 - Immagine esemplificativa della cabina di trasformazione

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto agli inverter di stringa ad essa afferenti, al fine di minimizzare la lunghezza dei cavidotti in bassa tensione e posate su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale, nonché la vasca di raccolta dell'olio del trasformatore. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda al sovra-menzionato elaborato dedicato (*Particolare locali tecnici*).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.1.1 Trasformatore

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore BT/MT, raffreddato ad olio, sigillato ermeticamente ed installato su apposita vasca di raccolta olio.

Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate in Tabella 2.

Tabella 2 - Trasformatore BT/MT: principali caratteristiche tecniche

Caratteristiche costruttive	Ermetico - ONAN Mineral Oil
Potenza	1'600 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11
Tensione primario - V₁	30'000 V
Tensione secondario - V₂	800 V
Frequenza nominale	50 Hz
V_{cc}	6%
Perdite nel ferro	in accordo con EU 548/2014 Tier2
Perdite nel rame	in accordo con EU 548/2014 Tier2
Dimensioni	1,8x1,0x2,0 [m]
Peso – con olio	4 t
Peso – senza olio	3,2 t

Sono previsti non più di 870 litri di olio per ogni macchina. Ciascun trasformatore sarà installato sopra apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi.

In accordo con le Normative di riferimento, ed in particolare la IEC 60076-1/2/3, la potenza di un trasformatore è definita ad una temperatura ambiente di riferimento pari a 40°C; essendo una macchina passiva, il limite di potenza è definito in funzione di un surriscaldamento dei componenti e della relativa vita utile del componente con classe termica inferiore. Dato che la temperatura raggiunta dal singolo componente è in funzione sia della temperatura ambiente che della potenza passante:

- per $T_{amb} < 40^{\circ}\text{C}$, la potenza sopportata dal trasformatore sarà superiore alla potenza nominale;
- per $T_{amb} > 40^{\circ}\text{C}$, la potenza sopportata dal trasformatore sarà inferiore alla potenza nominale.

Nel verificare il coordinamento inverter-trasformatore saranno considerati solo i due punti a temperatura ambiente 40 e 50°C.

In particolare il costruttore è tenuto a condividere la curva potenza in funzione della temperatura ambiente: durante la progettazione esecutiva sarà necessario verificare il completo coordinamento inverter-trasformatore MT/BT lungo tutti i range possibili di temperatura ambiente.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Il trasformatore è corredato dei relativi dispositivi di protezione elettromeccanica, quali sensori di temperatura, relè Buchholtz., ecc; nella figura sottostante è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato presso ciascuna cabina.



3.1.2 Quadro BT

Nella sezione in bassa tensione di ciascuna cabina di trasformazione saranno ubicati due quadri di parallelo (QPCA - 1000V – 2500A – 20kA) per la connessione in parallelo degli inverter di stringa. Ciascun QPCA sarà in grado di ricevere in ingresso fino a sei (6) inverter e sarà dotato di:

- interruttore di tipo scatolato (3Px2500A), motorizzato con funzione di protezione da sovracorrenti e sezionamento;
- Misuratore dell'energia generata;
- Scaricatore (classe 1+2) per protezione da sovratensioni;
- Relè di controllo della resistenza di isolamento (il sistema di distribuzione è IT);
- Dispositivo di generatore FV: n°6 interruttori manuali (3Px250A), ovvero un interruttore per ciascun inverter.

L'uscita di ciascun QPCA sarà quindi collegata al circuito secondario del trasformatore BT/MT.

3.1.3 Quadro MT

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto da tre unità:

- nr. 2 per l'attestazione dei cavi di MT sia lato rete che lato campo;
- nr. 1 per la protezione trasformatore MT/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.1.4 Sezione ausiliari

Nella sezione ausiliari saranno ubicati due quadri in bassa tensione contenenti:

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 36 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Un quadro di distribuzione secondaria per l'alimentazione dei carichi della cabina di trasformazione, suddivisi in
 - Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
 - Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali.
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

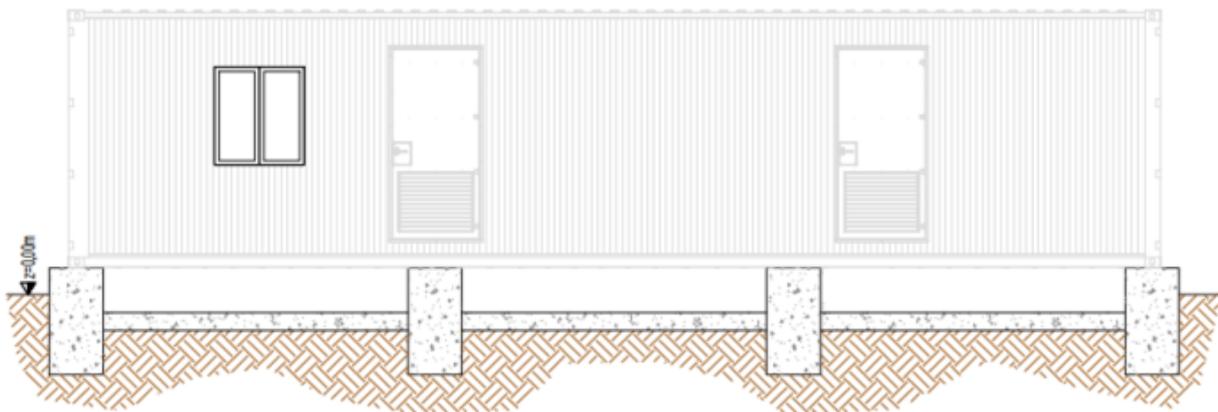
00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.2 Cabina MT di Smistamento

All'interno di ciascun campo sarà ubicata una cabina di smistamento in media tensione, esercita a 30kV-50Hz, avente lo scopo principale di veicolare la produzione energetica proveniente dalle cabine di trasformazione ubicate nel rispettivo campo FV verso la cabina di smistamento MT principale.

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati di tipo containerizzato (container marino Hi-Cube da 40'' con dimensioni pari a circa 12,2x2,44x2,9 m; peso indicativo di 12 t), realizzati in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP33. Essendo la cabina costruita con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.

La cabina sarà posata su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda all'elaborato "Particolare Cabina di Smistamento MT", di cui di seguito si riporta un estratto:



All'interno della cabina MT di campo FV sarà essenzialmente previsto:

- Nr. 1 locale tecnico con Quadro MT e sezione ausiliari con trasformatore da 63(80) kVA,
- Nr. 1 locale libero con una postazione SCADA di controllo impianto ed area dedicata ad un minimo di magazzino.



00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-1600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l'Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:

- nr. X, con X determinato dal numero di linee radiali in ingresso dal campo, variabile campo per campo; questa unità serve per la protezione linea radiale MT di ingresso dalle varie radiali del campo, ed è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67).
- nr. 1 partenza per la protezione del trasformatore ausiliari con sezionatore-fusibile MT;
- nr. 1 scomparto TV per l'alloggio dei trasformatori di misura di tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici di sbarra MT;
- nr. 1 scomparto partenza cavi MT che va verso la cabina MT di SE di Trasformazione.

La sezione ausiliari sarà completata da un trasformatore MT/BT (resina E2C2F1, 33/0.4kV, installato nel locale tecnico di cabina) di potenza nominale pari a 100 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari, costituiti da:

- Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
- Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali;
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 12h@ 200 VA).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.3 Cavi in Bassa Tensione

I cavi in corrente alternata sono necessari per collegare in parallelo gli inverter sul Quadro Parallelo Corrente Alternata (di seguito QPCA).

La sezione CA lato generatore verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F+PE, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (R-S-T) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

Per la realizzazione della rete di distribuzione in corrente alternata, ovvero per il collegamento elettrico in BT degli inverter di stringa al quadro di parallelo (QPCA), posizionato all'interno della cabina di trasformazione, si prevede l'utilizzo di cavi di tipo ARG7OR, le cui principali caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Modello	ARG7OR
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HEPR
Guaina	PVC speciale di qualità Rz
Temperatura di esercizio	0 – 90°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	0,6/1 (1,2) kV
Sezione conduttore	240 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 240 mm ² : 413 A

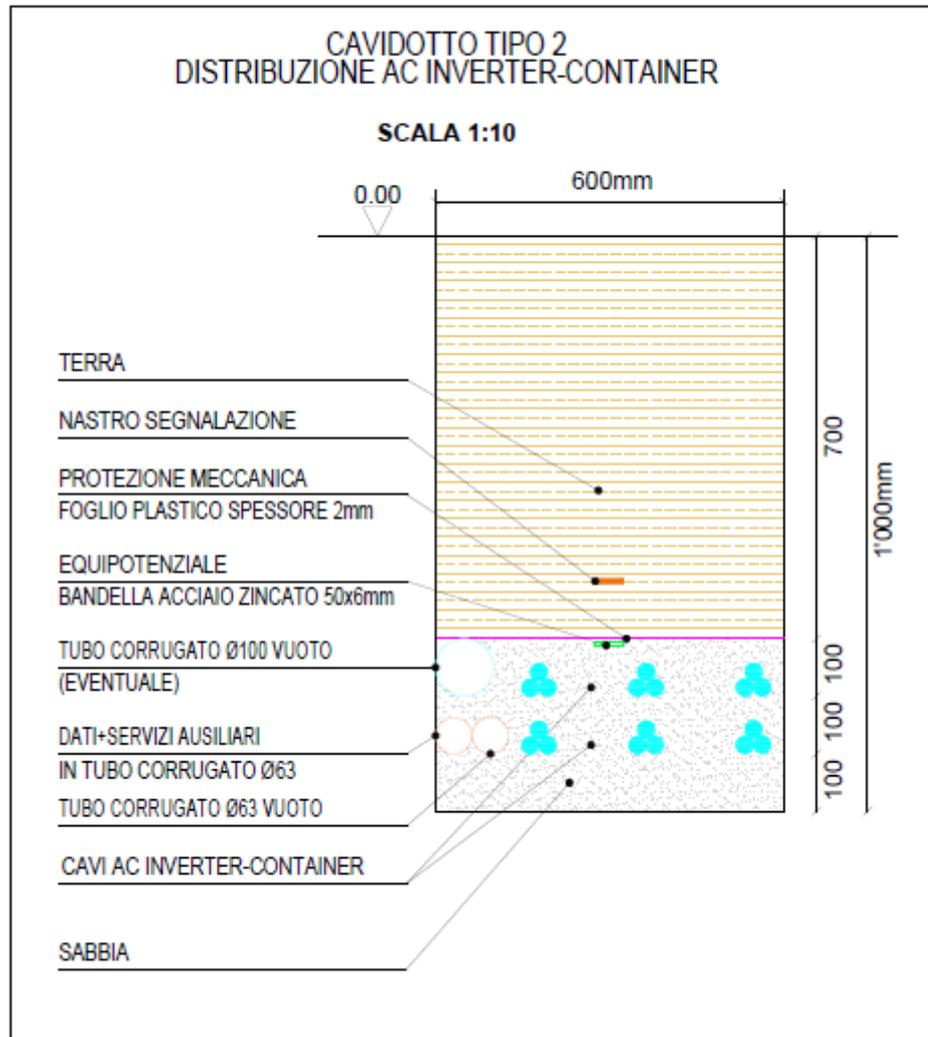
3.3.1 Modalità di installazione

I cavi BT in corrente alternata saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in uscita dall'inverter per evitare l'irraggiamento diretto e in prossimità della cabina di trasformazione per raggiungere ordine il proprio interruttore scatolato (di seguito MCCB).

Dal punto di vista termico analizziamo la situazione più gravosa, ovvero l'installazione sottoterra, riportando un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga tipicamente da 500mm a 1500mm (in funzione del numero di terne di cavi) e profonda 1'000mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.4 Cavi in Media Tensione

I cavi in Media Tensione sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione sparse per il Campo Fotovoltaico fino a raggiungere la propria Cabina di Smistamento e poi la Cabina MT della Sottostazione AT/MT.

La Media Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (U-V-W) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un coordinamento tra le protezioni di fase e di neutro, in modo che il cavo risulti sempre protetto.

È stato selezionato un cavo di tipo ARP1H5EX, per i collegamenti di distribuzione secondaria (radiali di campo), per i collegamenti di distribuzione primaria (fino alla cabina di smistamento MT principale) e ARP1H5E per il cavidotto MT esterno.

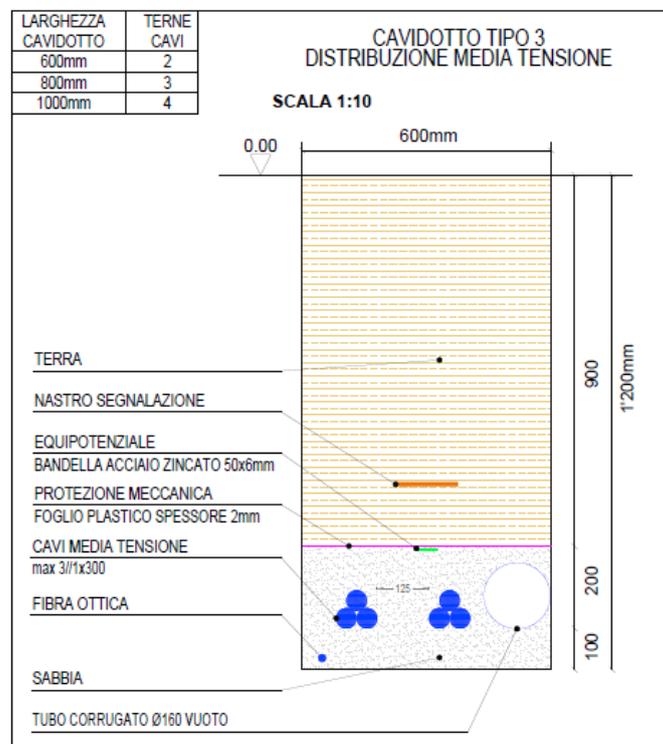
3.4.1 Modalità di Installazione (distribuzione interna)

Per verificare il corretto dimensionamento del cavo è necessario conoscere la modalità di installazione.

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

Di seguito si riporta un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:



00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione tipicamente larga 500mm a 1'000mm e profonda 1'200mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

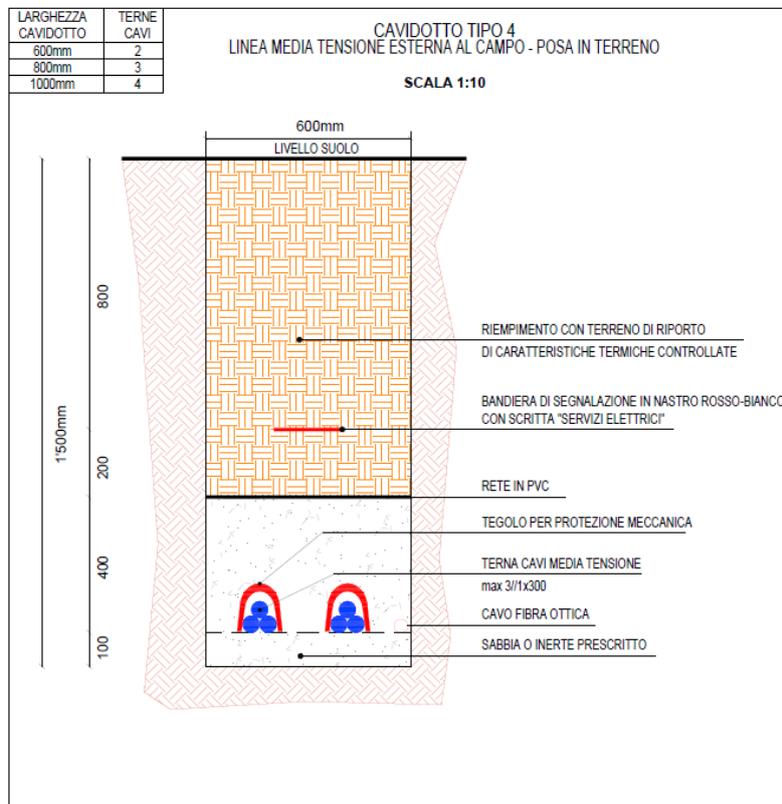
In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

3.4.2 Modalità di installazione (distribuzione esterna ai campi)

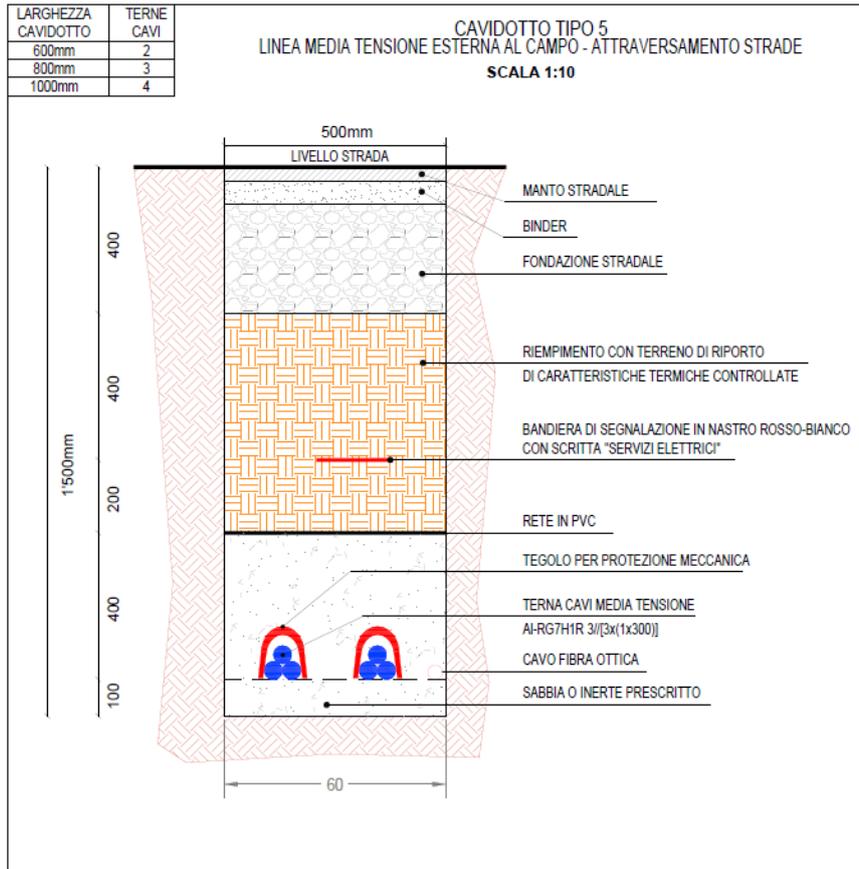
I cavidotti in media tensione esterni ai campi fotovoltaici saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

Di seguito viene riportato un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti esterni:



00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione tipicamente larga 500mm a 1'000mm e profonda 1'500mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 400mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro ($>2D$ con D diametro del cavo MT);
- Bandiera plastica di segnalazione;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.5 Sottostazione AT/MT

La sottostazione condivisa sarà ubicata ad una distanza inferiore ad 1km dal nuovo satellite Terna della SE Montalto, ed interesserà una superficie pari a circa 3'750 m².

Di seguito è riportato il layout della sottostazione condivisa, per ulteriori dettagli e quotature si rimanda all'elaborato dedicato "PTO - SE Condivisa - Layout e viste".

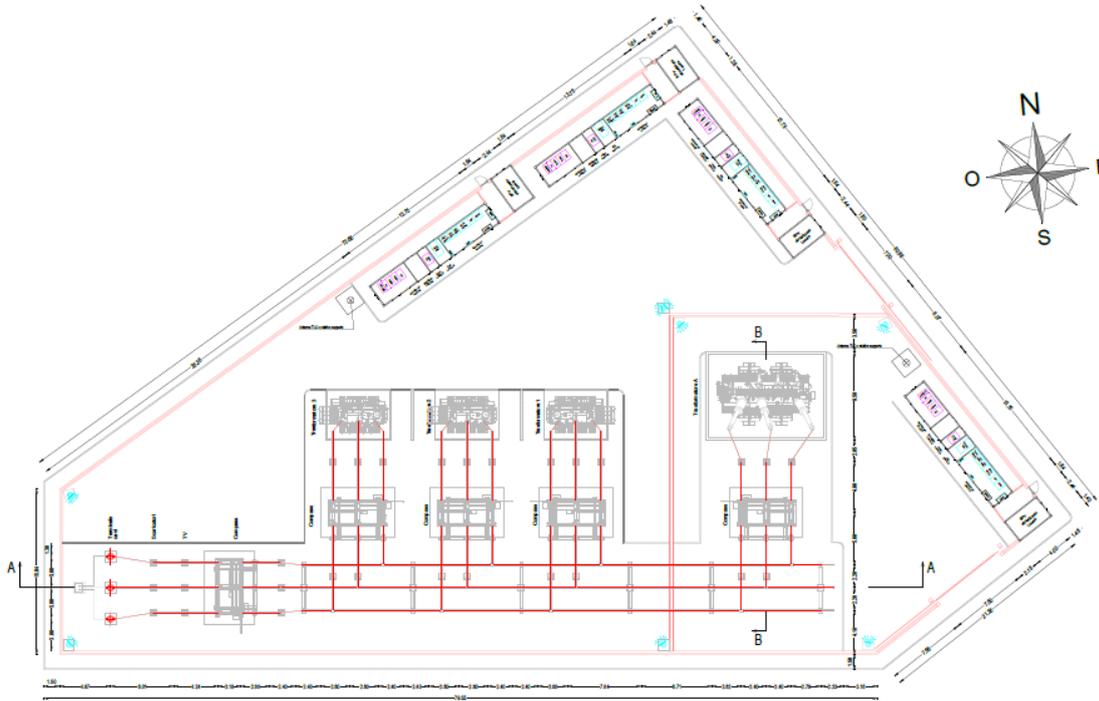


Figura 6 - Layout della sotto-stazione utente

La sottostazione è costituita essenzialmente da:

- Sezione condivisa, con montante AT di arrivo dalla SE 380/150kV di Montalto – nuovo satellite TERNA;
- Sezione Utente ALCIONE Rinnovabili Srl, con stallo AT per la protezione Trasformatore AT/MT, Trasformatore AT/MT da 63(80)MVA, Cabina di Sottostazione, accessori (sistema antintrusione, illuminazione, protezione scariche atmosferiche, etc);
- Sezione Utente ITS Montalto Srl, ovvero nr. 3 stalli AT di derivazione dalle sbarre condivise AT, per l'alimentazione dei corrispettivi trasformatori AT/MT, di taglia variabile a seconda della potenza in immissione, e di nr. 3 cabine di Sottostazione. In questa relazione descrittiva non è stata affrontata sezione, che è in carico ai produttori di ITS Montalto.

La sottostazione Utente Produttore è costituita essenzialmente da:

- Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione;
- Nr. 1 Trasformatore AT/MT di potenza pari a 63(80) MVA;
- Cabina Condivisa con le cabine consegna MT per i servizi ausiliari di SE Condivisa;
- Cabina di Sottostazione;
- Accessori (sistema antintrusione, illuminazione, protezione scariche atmosferiche, etc).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.5.1 Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione

I segnali derivati dai trasformatori di misura (TA e TV) hanno la funzione di riportare i valori di tensione e corrente agli organi di protezione (per garantire il distacco in caso di guasto) e di misura (per contabilizzare il valore fiscale dell'energia passante). Nel dettaglio, la sezione è composta da:

- Nr. 1 Relè di Protezione generale del Montante Condiviso, in grado di monitorare i valori elettrici della rete con controllo e comando per:
 - Protezione Distanziometrica - Codice ANSI 25
 - Protezione Controllo del circuito di comando interruttore Generale – Codice ANSI 50BF.

I valori di settaggio delle protezioni elettriche saranno concordati direttamente con Terna nel momento della definizione e consegna del regolamento di esercizio.

- Nr. 1 Contatore Energia del Montante Condiviso, in grado di contabilizzare l'energia passante per il Montante Condiviso, con le seguenti caratteristiche principali ed accessori:
 - classe di precisione 0,2, in accordo con le richieste di Terna per le misure fiscali;
 - morsettiera piombabile, per evitare qualsiasi manomissione dei morsetti di segnali da TA e TV;
 - predisposizione alla comunicazione remota della misura, in accordo con le richieste di Terna.

3.5.2 Trasformatore AT/MT

È previsto nr. 1 trasformatore MT/AT da 63 (80) MVA, con le seguenti caratteristiche elettriche:

Si riportano nella tabella seguente i dati di targa del trasformatore AT/MT:

Caratteristiche costruttive	ONAN / ONAF (Olio minerale)
Potenza	63 / 80 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione primario - V₁	150'000 V
Tensione secondario - V₂	30'000 V
Regolazione Tensione primaria	±12x1,25%
Frequenza nominale	50 Hz
V_{cc}	12%
Perdite nel ferro	25 kW
Perdite nel rame	125 kW
Dimensioni	9,5 x 6,5 x 6 [m]
Peso	55t con olio 36t senza olio

Il sistema di ventilazione forzata ONAF sarà in grado di rispettare la prescrizione Terna in merito alla potenza massima dell'impianto di produzione, pari al +20% della potenza contrattualizzata come potenza di immissione. Per Alcione questo valore è pari a 65MW → +20% = 78MVA → Potenza ONAF 80MVA.

Il massimo volume d'olio previsto per ciascuna macchina sarà non superiore a 17'000 litri.

Il trasformatore sarà installato all'interno di apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La superficie in pianta di ciascuna vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a 40m², ed avrà un'altezza pari a 0.7m, per un volume utile complessivo pari a 28 m³.

Per ulteriori dettagli costruttivi in merito alla vasca di raccolta oli si rimanda all'elaborato grafico dedicato "PTO - SE Condivisa - Particolare Vasca Olio Trasformatore".

3.5.3 Cabina di SE Utente Produttore

La cabina di SE Utente Produttore è essenzialmente costituita da 4 locali tecnici come chiaramente indicato dall'elaborato di riferimento "PTO - SE Condivisa - Particolari Cabine", di cui si riporta di seguito un estratto:



I locali sono:

- Locale quadri BT e SCADA, dove saranno installati: il quadro di comando delle apparecchiature di AT, i relè di protezione AT, il contatore di energia ed il power plant controller, lo SCADA per la comunicazione con l'operatore di RTN e di supervisione dell'impianto di generazione;
- Locale Quadri Media Tensione, dove è installato il quadro Media Tensione (QMT) che sarà classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-1'600A – LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

- ovvero in particolare con l' Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore. Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:
 - nr. 1 unità di arrivo delle linee MT dal trasformatore AT/MT, le cui protezioni ed il comando saranno necessariamente coordinate con le protezioni AT.
 - nr. 1 unità TV per i Trasformatori di Misura di Tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici delle sbarre MT;
 - nr. 1 unità di partenza delle linee MT, dedicate all'ingresso delle linee MT dal campo Fotovoltaico; questa unità serve per la protezione linea MT, ed è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67N);
 - nr. 1 unità di partenza delle linee MT, del tutto simile alla precedente, prevista come riserva alla prima;
 - nr. 1 unità per la protezione trasformatore sezione ausiliari di SE.
- Locale Trasformatore Ausiliari e Gruppo elettrogeno per garantire la continuità di servizio dei sistemi ausiliari.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.6 Cavi in Alta Tensione

I cavi in Alta Tensione sono necessari per collegare la Sottostazione AT/MT Utente-Produttore con il punto di connessione alla RTN presso la SSE di Smistamento a 150/380kV.

L'Alta Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase 3F. Il collegamento del Neutro (centro stella nel trasformatore AT/MT) sarà indicato dal gestore (o dall'ufficio locale del gestore) della RTN.

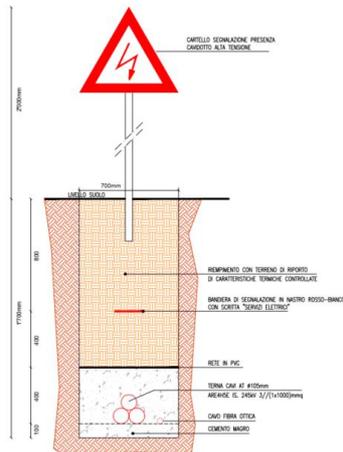
3.7 Modalità di Installazione

Per verificare il corretto dimensionamento del cavo è necessario conoscere la modalità di installazione.

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

Dal punto di vista termico analizziamo la situazione più gravosa, ovvero l'installazione sottoterra, riportando un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione tipicamente larga 700mm e profonda 1'700mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 400mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Una rete in PVC per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione, con ad un'altezza pari a circa 400mm dalla rete PVC, una bandella di segnalazione in nastro rosso-bianco con la scritta "Servizi Elettrici".

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4 Verifiche di Coordinamento

4.1 Coordinamento meccanico

Il coordinamento meccanico non è altro che assicurarsi che la struttura fotovoltaica, installata in questa particolare area geografica ed in questo particolare terreno, sia in grado di sostenere i moduli fotovoltaici.

Il carattere definitivo della presente progettazione non permette di fare delle verifiche puntuali del coordinamento meccanico, ma di dare dei criteri che dovranno poi essere applicati anche in progettazione esecutiva; è da tenere in considerazione che in fase di progettazione esecutiva:

- a causa delle disponibilità del mercato e delle condizioni commerciali, potrebbe essere cambiato fornitore e modello dei moduli fotovoltaici, ma dovrà essere mantenuto il limite di potenza di picco [Wp] installata autorizzata (77,69784 MWp);
- a causa delle disponibilità del mercato e delle condizioni commerciali, potrebbero essere cambiato fornitore e modello delle strutture di supporto, ma dovrà essere mantenuto:
 - o il limite di altezza massima del punto più alto dei moduli fotovoltaico fissato alla struttura;
 - o l'impatto del suolo e/o alterazione dei terreni, e quindi assenza di fondazioni in cemento o altri materiali per aumentare la portanza del sistema terreno + strutture con moduli;
- a causa delle verifiche geologiche puntuali lungo tutta l'area del campo, potrebbe essere necessario aumentare il limite di 2m come profondità massima nel terreno dei pali di fissaggio della struttura, ma dovranno essere rispettati i vincoli imposti dalle altre infrastrutture sotterranee.

A completamento, in fase di progettazione esecutiva dovrà essere presentata la certificazione strutturale della struttura individuata, completa con un type test report che tiene conto dei massimi carichi sopportabili dalla struttura con il modulo selezionato.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2 Coordinamento Elettrico Lato CC

L'elemento di partenza per il coordinamento lato CC è il modulo fotovoltaico, i cui dati elettrici riportati alle condizioni STC sono:

$$P = 660\text{Wp con } -0,34\%/^{\circ}\text{C}$$

$$V_{OC} = 45,9 \text{ con } -0,25\%/^{\circ}\text{C} - V_{MPP} = 43,2\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,45\text{A con } +0,040\%/^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 14,87\text{A}$$

Si procede quindi con la personalizzazione dei dati elettrici del modulo con le condizioni ambientali del presente progetto; l'intervallo di funzionamento è tra le temperature ambiente di 0 e 50°C, che corrisponde ad una temperatura di funzionamento delle celle FV tra 0 e 70°C, e quindi i parametri elettrici sono:

$$V_{OC} = 48,77\text{V @}0^{\circ}\text{C} - V_{MPP} = 45,9\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,78\text{A @}70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 15,14\text{A}$$

Come già scritto, si prevede di realizzare stringhe costituite da 28 moduli FV collegati tra di loro elettricamente in serie. La stringa elettricamente si identifica come segue:

$$V_{OC} = 48,77 \times 28 = 1'365,56\text{V} - V_{MPP} = 45,9 \times 28 = 1'285,2\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,78\text{A @}70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 15,14\text{A}$$

A) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento CC

$$V_{IS\ DC} \geq 1'365,56\text{V}$$

Moduli / SB / Inverter sono tutti con tensione di isolamento pari a 1'500V.

Si rimanda alla relazione dedicata "Relazione di Calcolo Dimensionamento Cavi CC, BT, MT e AT" per la verifica della tensione di isolamento dei cavi DC.

B) Verifica di coordinamento → inverter: corrente di stringa CC

$$I_{SC} = 18,78\text{A @}70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 15,14\text{A}$$

Si rimanda alla relazione dedicata "Relazione di Calcolo Dimensionamento Cavi CC, BT, MT e AT" per la verifica della portata di corrente del cavo DC di stringa.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Per quanto concerne la verifica di coordinamento a livello di inverter di stringa si considera la configurazione più gravosa elettricamente per verificarne il coordinamento, ovvero inverter con 14 stringhe (con massimo 28 moduli FV in serie ciascuna).

Quindi le grandezze elettriche da verificare sono:

$$V_{OC} = 48.77 \times 28 = 1'365.56V - V_{MPP} = 45,9 \times 28 = 1'285,2V$$

$$\text{Inverter} \rightarrow P_{CC} = 258,72 \text{ kWp} - I_{MAX} = 18,78 * 5 = 93,9 - I_{MPP} = 15,14 * 5 = 75,7A \times Mppt$$

$$\text{Inverter} \rightarrow I_{max} \text{ in ingresso} = 75,7A > 100A \text{ OK } \checkmark$$

C) Verifica di coordinamento → inverter: tensione isolamento e range MPP

$$V_{IS} = 1'500V \geq 1'365.56V - \text{Stringhe da 28 moduli: } V_{MPP, sup} = 1'285,2V < 1'500V \text{ OK } \checkmark$$

D) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

$$V_{IS} \geq 800V$$

Inverter, cavi di collegamento BT e trasformatori lato BT sono tutti con tensione di isolamento pari a 1'500V.

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3 Coordinamento Elettrico Lato CA

L'elemento di partenza per il coordinamento lato CA è l'inverter, le cui grandezze elettriche lato CA sono di seguito riassunte:

$$V_N = 800V \pm 10\% - 50/60Hz$$

Inverter → Potenza Uscita @50°C = 200 kVA, @40°C = 225 kVA, @25°C = 215 kVA

$$I_{MAX} = 93,9 \text{ A} - \text{intervallo } \cos \varphi = 0,5_{CAP} \dots 0,5_{IND}$$

A) Verifica di coordinamento → Trasformatore MT/BT

Tensione Uscita Inverter 800V – Rapporto di trasformazione MT/BT 30'000/800 [V] **OK ✓**

Fino a 6 Inverter per cabina → Potenza inverter 1'290 kVA@40°C

Potenza trasformatore MT/BT 1'600kVA@40°C **OK ✓**

B) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

$$V_{IS BT} \geq 800V$$

Gli inverter d'impianto sono tutti con tensione di isolamento pari a 1'500V.

Si rimanda alla relazione dedicata "Relazione di Calcolo Dimensionamento Cavi CC, BT, MT e AT" per la verifica della tensione di isolamento dei cavi CA.

C) Verifica di coordinamento → Quadro MT di cabina di Smistamento

Caratteristiche e classificazione: 36kV-16kA-1'600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 30'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 36'000V **OK ✓**

Corrente massima linee radiali:

$$\text{linea radiale 1} = 16'587,12 \text{ kW} / (1,73 \cdot 30) = 319,60$$

$$\text{linea radiale 2} = 15'004,76 \text{ kW} / (1,73 \cdot 30) = 289,11$$

$$\text{linea radiale 3} = 15'665,76 \text{ kW} / (1,73 \cdot 30) = 301,85$$

$$\text{linea radiale 4} = 14'153,60 \text{ kW} / (1,73 \cdot 30) = 291,98$$

$$\text{linea radiale 5} = 15'285,60 \text{ kW} / (1,73 \cdot 30) = 294,52$$

Corrente massima linee radiali 319,6A – Corrente nominale quadro MT di cabina 630A **OK ✓**

Somma corrente massima linee radiali = 1'497,06 A < 1'600 A **OK ✓**

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

D) Verifica di coordinamento → corrente di linea MT

Si rimanda alla relazione dedicata “*Relazione di Calcolo Dimensionamento Cavi CC, BT, MT e AT*” per la verifica della portata di corrente del cavo MT nelle varie tratte.

E) Verifica di coordinamento → Quadro MT di cabina di smistamento

Caratteristiche e classificazione: 36kV-16kA-1'600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 30'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 36'000V **OK** ✓

Corrente massima linee radiali 1'497,06A – Corrente nominale quadro MT di cabina 1'600A **OK** ✓

Come illustrato sempre nello schema unifilare, il quadro MT di SSE sarà alimentato da un trasformatore AT/MT di potenza pari a 63 MVA in grado di arrivare a 80 MVA in condizione di raffreddamento forzato (ONAF).

00	18-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione