



REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI CATANIA

COMUNE DI CALTAGIRONE



LOCALITÀ ALTOBRANDO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 45.12 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 39.75 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO



Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Scala:

Nome file stampa:

FV.CLT01.PD.D.H.05.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0011A0

Formato di stampa:

Nome elaborato:

FV.CLT01.PD.D.H.05

Tipologia:

R

A4

Proponente:

ALTOBRANDO S.r.l.

Via Chiese, 72

20126 Milano (MI)

P.IVA. 12458390965

dott. Stefano Scazzola

ALTOBRANDO S.r.l.

Via Chiese, 72
20126 Milano (MI)
P.IVA. 12458390965

**ALTOBRANDO
S.R.L.**

Progettista:

E WAY FINANCE SPA

P.zza S. Lorenzo in Lucina, 4

00185 Roma

P.IVA. 15773121007

ing. Antonio Bottone



**EWAY
FINANCE**



CODICE

FV.CLT01.PD.D.H.05

REV. n.

00

DATA REV.

04/2023

REDAZIONE

A.Bottone

VERIFICA

A.Bottone

VALIDAZIONE

A.Bottone

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI
UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A
45.12 MW_p E POTENZA NOMINALE PARI A 39.75 MW E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA'**

ALTOBRANDO DI CALTAGIRONE

proponente	progettazione
------------	---------------

ALTOBRANDO S.r.l.

Via Chiese, 72
20126 Milano (MI)
P.IVA. 12458390965
ing. Stefano Scazzola

ALTOBRANDO
S.R.L.

E WAY FINANCE SPA

P.zza S. Lorenzo in Lucina, 4
00185 Roma
P.IVA. 15773121007
ing. Antonio Bottone



RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA.....	7
4	GENERATORE FOTOVOLTAICO.....	12
4.1	Layout e configurazione campo PV (lato DC).....	14
4.2	Dimensionamento cavi DC	22
5	Gruppo di conversione e trasformazione	28
6	Linee di interconnessione MT interne	32
6.1	Tipologia Cavi.....	34
6.2	Tipologia Posa	35
6.3	DIMENSIONAMENTO CAVI MT	37
6.3.1	Wps7_ps6.....	38
6.3.2	Wps6_ps4.....	39
6.3.3	Wps4_ps5.....	40
6.3.4	Wps5_CR	41
6.3.5	Wps3_ps2.....	42
6.3.6	Wps2_ps1.....	43
6.3.7	Wps1_CR.....	44
6.3.8	RIEPILOGO tratte interne	45
7	Cabina di raccolta e smistamento	46
7.1	Sala quadri MT	48
7.2	Locale Trasformatore S.A. e locale misura.....	49
7.3	Locale Gruppo elettrogeno.....	51
7.4	Control Room e sistemi di comunicazione con TSO	51
8	Linea di interconnessione MT esterna	55
9	RIEPILOGO.....	57

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Inquadramento Generale su IGM	8
Figura 2. Layout Impianto PV.....	9
Figura 3 Schema unifilare	11
Figura 4 Anno meteorologico tipico – temperatura ambientale.....	12
Figura 5 Coordinamento inverter-moduli.....	16
Figura 6 Collegamento elettrico LATO DC	22
Figura 7 Gruppo di conversione e trasformazione “INGECON SUN - FSK B Series” tipologico	28
Figura 8 Schema elettrico Power Station tipologico	29
Figura 9. “Entra esce” della PS.....	29
Figura 10 Configurazione “entra-esce” delle PS.....	31
Figura 11 Tratte interne MT “36kV”.....	32
Figura 12 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV.....	34
Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17).....	35
Figura 14 Sezione cavi direttamente interrati.....	36
Figura 15 Layout della CR (pianta e sezione)	46
Figura 16 Quadri MT tipologico	48
Figura 17 Locale trasformatore S.A. e locale misura	49
Figura 18 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia scambiata	50
Figura 19 Locale GE	51
Figura 20 Control ROOM.....	53
Figura 21 Interfaccia locale di un impianto eolico o fotovoltaico	54
Figura 22 Tratta esterna MT “36kV”.....	55

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 Criteri ambientali di progetto</i>	12
<i>Tabella 2 Datasheet modulo tipologico</i>	14
<i>Tabella 3 Datasheet inverter tipologico</i>	15
<i>Tabella 4 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{min}}$</i>	17
<i>Tabella 5 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{min}}$</i>	17
<i>Tabella 6 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{max}}$</i>	18
<i>Tabella 7 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{max}}$</i>	18
<i>Tabella 8 Riepilogo coordinamento moduli-inverter</i>	20
<i>Tabella 9 Datasheet quadri di campo (QdS) tipologico</i>	21
<i>Tabella 10 Caratteristiche elettriche cavo solare "H1Z2Z2-K"</i>	22
<i>Tabella 11 Caratteristiche elettriche cavo BT "FG16R16"</i>	23
<i>Tabella 12 Tensioni del generatore fotovoltaico</i>	23
<i>Tabella 13 Dati costruttivi "cavo di stringa"</i>	26
<i>Tabella 14 Dati costruttivi "cavo QdS"</i>	26
<i>Tabella 15 Elenco tratte elettriche di progetto</i>	33
<i>Tabella 16 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV</i>	34
<i>Tabella 17 Riepilogo tratte interne</i>	45
<i>Tabella 18 Caratteristiche meccaniche cavi</i>	45
<i>Tabella 19 Riepilogo tratte in cavo dell'intero impianto</i>	57

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato "Altobrando", sito in agro di Caltagirone (CT).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 45.12 MWp e una potenza nominale di 39.75 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. Un campo agrivoltaico suddiviso in 7 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 600 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento mono-assiale (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Linee elettriche in MT a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione delle Power Station alla Cabina di Raccolta e Misura;
4. Una Cabina di Raccolta e Misura in Media Tensione a 36 kV;
5. Una linea elettrica in MT a 36 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la sezione a 36 kV della futura SE di trasformazione 150/36 kV della RTN;

Titolare dell'iniziativa proposta è la società Altobrando S.r.l., avente sede legale in Via Chiese n. 72 - CAP 20126 (MI), P.IVA 12458390965.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- CEI 0-16; V2 (2023-05) “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 11-60 (2002-06) “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”;
- CEI 20-13 e varianti (IEC 60502) Cavi per energia isolati con mescola elastomerica con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali da U0/U 0,6/1 a U0/U 18/30 kV in c.a.;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);
- CEI 20-91 “Cavi elettrici per impianti fotovoltaici” (CEI EN 50618);
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 82-22 “Requisiti per la marcatura e la documentazione dei moduli fotovoltaici” (CEI EN 50380);
- CEI 82-25 (2010) “Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”;
- CEI 82-91 “Dispositivi fotovoltaici Parte 1-2: Misura delle caratteristiche corrente-tensione di dispositivi fotovoltaici (FV) bifacciali” (CEI IEC/TS 60904-1-2);
- CEI-UNEL 00721 “Colori di guaina dei cavi elettrici”;
- CEI-UNEL 00722 “Identificazione delle anime dei cavi”;
- CEI-UNEL 35027 tab.8 (RG7H1R);
- CEI-UNEL 35024/1 e CEI-UNEL 35024/2 e Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata;
- Codice di rete **Terna** e relativi allegati;

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	6 di 57

- Deliberazione ARG/elt 99/08 e s.m.i. – “TESTO INTEGRATO DELLE CONDIZIONI TECNICHE ED ECONOMICHE PER LA CONNESSIONE ALLE RETI CON OBBLIGO DI CONNESSIONE DI TERZI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE (**TESTO INTEGRATO DELLE CONNESSIONI ATTIVE – TICA**)”.

3 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Oggetto del presente studio è la descrizione dei criteri di calcolo dell'impianto elettrico necessario per l'interconnessione dell'impianto Agro-Fotovoltaico alla RTN.

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in doppio entra - esce alle linee RTN a 150 kV "S.Cono – Caltagirone 2" e "Barrafranca - Caltagirone", previa realizzazione degli interventi nell'area previsti nel Piano di Sviluppo Terna, costituiti da una futura stazione di trasformazione RTN 380/150 kV denominata "Vizzini", da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Paternò – Chiaromonte Gulfi" e relativi raccordi alla linea 150 kV "CP Scordia – SE Mineo 150 kV", alla SE 150 kV Licodia Eubea ed alla CP Mineo.

Avendo a disposizione la sezione a 36 kV nella nuova SE, non ci sarà bisogno di una SE Utente da condividere con altri produttori per la connessione ad uno stallo AT Terna.

La tecnologia relativa alle opere previste in progetto (pannelli ed inverter) e adottate per il dimensionamento del campo Agro-Fotovoltaico sono da intendersi come indicative e tipologiche.

In fase esecutiva potranno di fatto, essere adottati elementi tecnologici di fornitori differenti da quelli indicati, con caratteristiche comunque non dissimili a quelle proposte.

La relazione tratterà e analizzerà dettagliatamente le seguenti parti:

- Generatore fotovoltaico (lato DC) = accoppiamento moduli ed inverter, linee in cavo DC interne al campo;
- Gruppo di conversione e trasformazione = caratteristiche elettriche e meccaniche delle power station (PS);
- Linee di interconnessione MT interne = linee in cavo interrato in MT interne al campo;
- Cabina di raccolta e smistamento = pianta e sezione con apparecchiature elettromeccaniche;
- Linea di interconnessione MT esterna = linea in cavo interrato in MT esterna al campo, congiungente l'impianto di produzione FER con la SE – RTN.

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	8 di 57

Le opere di progetto ricadono nel comune di Caltagirone (CT) e Mineo (CT).

L'ubicazione complessiva delle opere e della SE 150/36 kV, si rileva dall'allegato FV.CLT01.PD.D.H.01 – "Inquadramento generale su IGM e Coordinate":

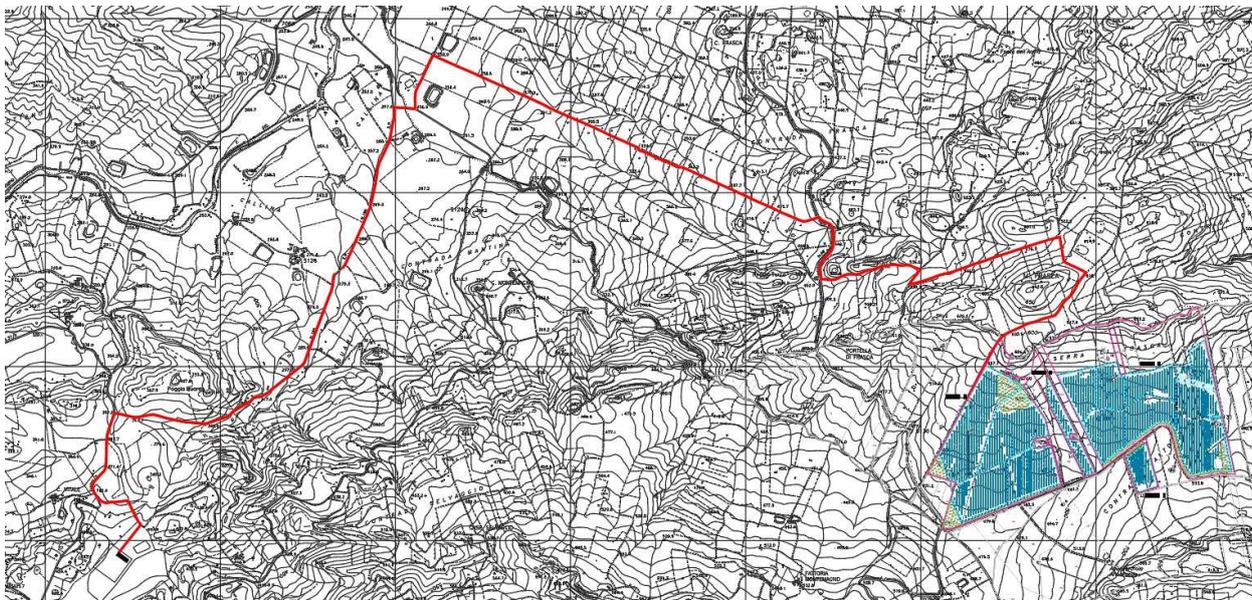
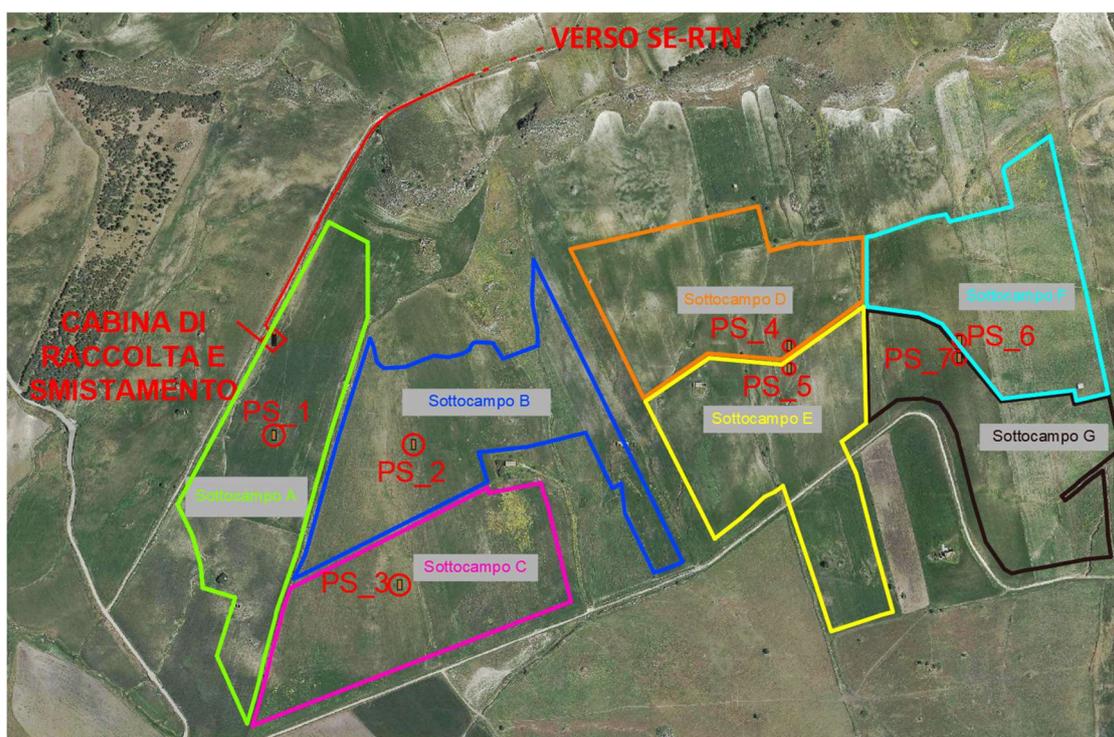


Figura 1 Inquadramento Generale su IGM

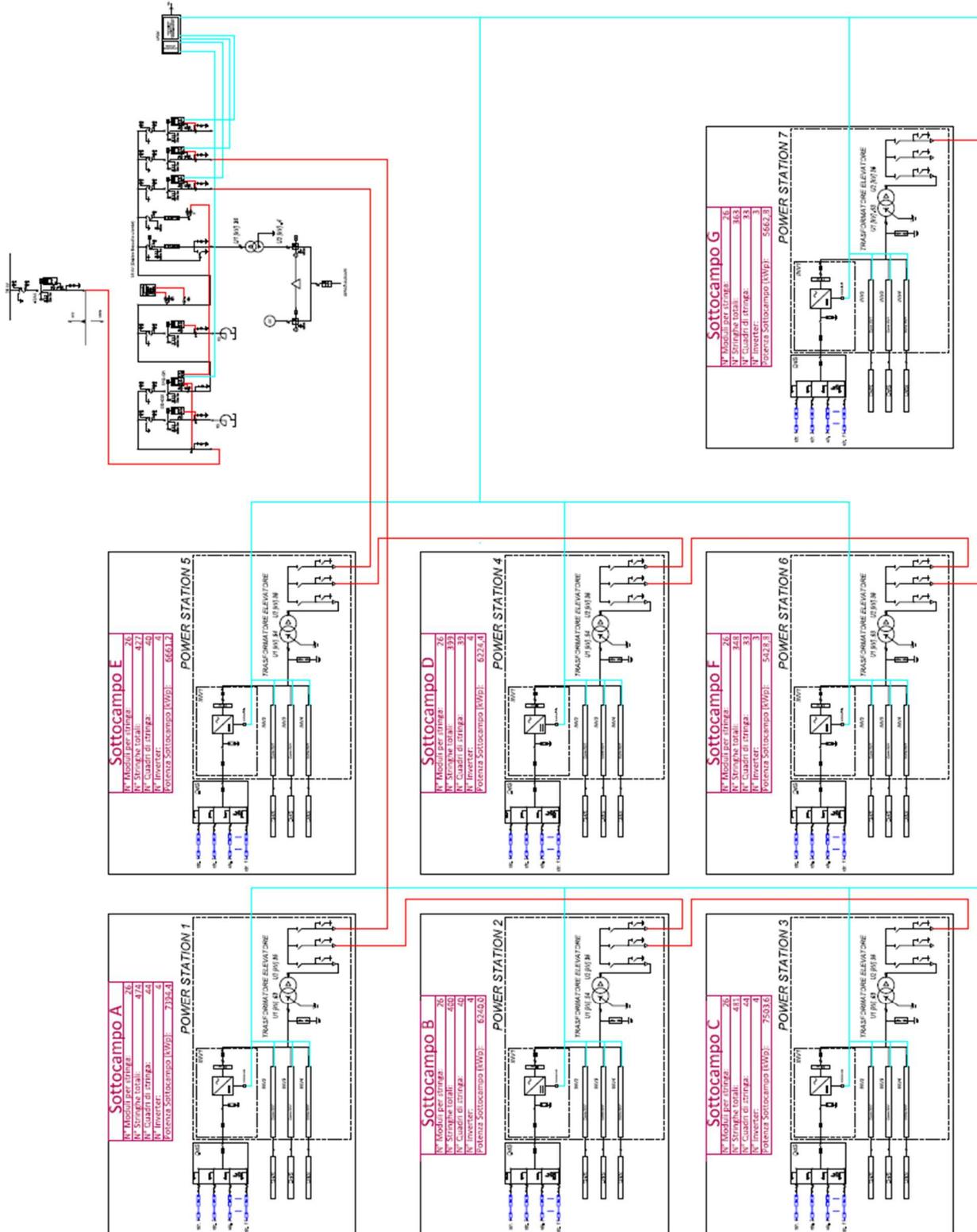


ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	9 di 57

Figura 2. Layout Impianto PV



ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	11 di 57

Figura 3 Schema unifilare

4 GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro.

Tali strutture sono dette “tracker” o “**inseguitori solari mono-assiali**”, proprio per questa loro caratteristica funzionale, per i dettagli costruttivi ed installativi fare riferimento alla tavola FV.CLT01.PD.D.F.01.

Si vuole evidenziare il ricorso ad un ulteriore sistema di efficientamento produttivo del campo fotovoltaico: il **sistema di Backtracking**, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

Considerando il luogo di installazione, si riportano le temperature ambientali di un “**ANNO METEOROLOGICO TIPICO**”, ottenuto da PVGIS-SARAH2 anni 2005-2020:



Figura 4 Anno meteorologico tipico – temperatura ambientale

Nella seguente tabella si riportano i risultati:

Temperatura ambientale minima (°C)	0
Temperatura ambientale max (°C)	35
Temperatura ambientale media (°C)	17

Tabella 1 Criteri ambientali di progetto

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.CLT01.PD.D.H.05

REVISIONE n. 00

DATA
REVISIONE 04/2023

PAGINA 13 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

4.1 Layout e configurazione campo PV (lato DC)

I moduli utilizzati per la configurazione del generatore sono del tipo TENKA SOLAR **TKA600M-144-BF**, di seguito si riportano le caratteristiche elettriche:



TKA600M-144- BF

	STC
Maximum Power – Pmax [Wp]	600
Maximum Power Voltage – Vmp [V]	43,60
Maximum Power Current – Imp [A]	13,77
Open-circuit Voltage – Voc [V]	51,88
Short-circuit Current – Isc [A]	14,59
Module Efficiency [%]	23,22
Voc and Isc tolerance [%]	3
Operating Temperature [°C]	-40 / +85
Maximum system voltage [V]	1500
Maximum series fuse rating [A]	25
Temperature coefficients of Pmax [%/°C]	-0,29
Temperature coefficients of Voc [%/°C]	-0,25
Temperature coefficients of Isc [%/°C]	0,045
Nominal operating cell temperature – NOCT [°C]	45
BIFACIAL OUTPUT - REAR SIDE POWER GAIN	
5%	630 Wp
15%	690 Wp
25%	750 Wp

Tabella 2 Datasheet modulo tipologico

Di seguito le caratteristiche elettriche dei convertitori utilizzati per la configurazione (del tipo INGECON SUN):

	1170TL B450	1400TL B540	1500TL B578	1560TL B600	1600TL B615
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,157 - 1,520 kWp	1,389 - 1,824 kWp	1,487 - 1,952 kWp	1,543 - 2,026 kWp	1,582 - 2,077 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	645 - 1,300 V	769 - 1,300 V	822 - 1,300 V	853 - 1,300 V	873 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,169 kVA / 1,052 kVA	1,403 kVA / 1,263 kVA	1,502 kVA / 1,352 kVA	1,559 kVA / 1,403 kVA	1,598 kVA / 1,438 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,169 kVA / 1,035 kVA	1,403 kVA / 1,242 kVA	1,502 kVA / 1,330 kVA	1,559 kVA / 1,380 kVA	1,598 kVA / 1,415 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ⁽⁵⁾	450 V IT System	540 V IT System	578 V IT System	600 V IT System	615 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%				

	1640TL B630	1675TL B645	1715TL B660	1755TL B675	1800TL B690
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,620 - 2,128 kWp	1,659 - 2,179 kWp	1,698 - 2,229 kWp	1,736 - 2,280 kWp	1,775 - 2,331 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	894 - 1,300 V	915 - 1,300 V	935 - 1,300 V	957 - 1,300 V	978 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,676 kVA / 1,508 kVA	1,715 kVA / 1,543 kVA	1,754 kVA / 1,578 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,676 kVA / 1,484 kVA	1,715 kVA / 1,518 kVA	1,754 kVA / 1,552.6 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ⁽⁵⁾	630 V IT System	645 V IT System	660 V IT System	675 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%				

Tabella 3 Datasheet inverter tipologico

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Per il coordinamento dei moduli con l'inverter occorrerà verificare le 3 relazioni riportate in figura 4:

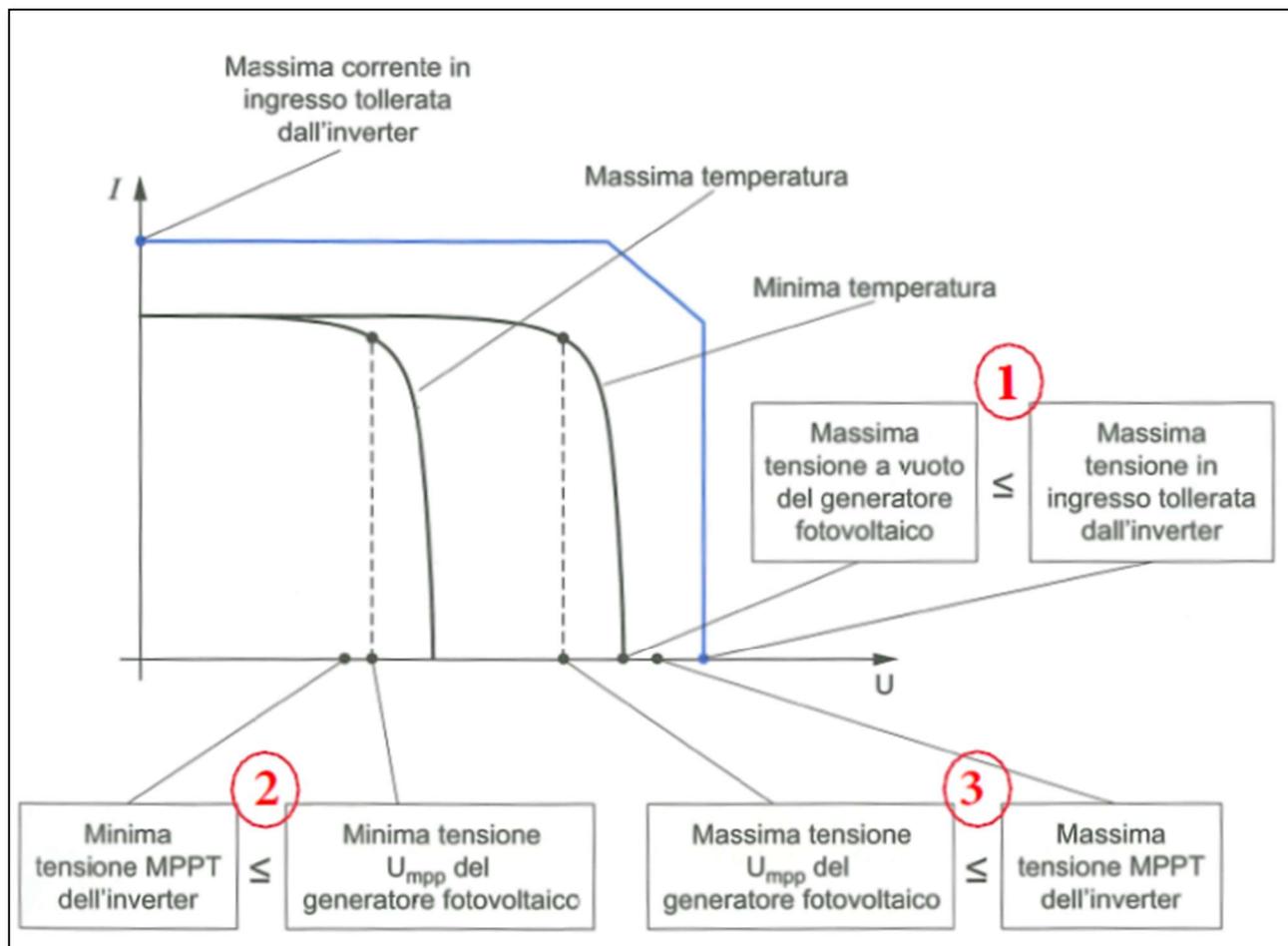


Figura 5 Coordinamento inverter-moduli

Assumendo (vedi tabella 1):

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- $T_{amb_{max}} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$;

La relazione 1 è soddisfatta, considerando la lunghezza massima di stringa con **26 moduli in serie**:

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$T_{amb} \text{ [}^\circ\text{C]} =$	0
$T_{cella} \text{ [}^\circ\text{C]} =$	0

Parametri modulo TS TKA600M-144-BF per $T_{amb} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	
$P_{max} \text{ [Wp]}$	675,68
$V_{mpp} \text{ [V]}$	46,33
$I_{mpp} \text{ [A]}$	14,29
$V_{oc} \text{ [V]}$	55,12
$I_{sc} \text{ [A]}$	15,14

Tabella 4 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb_{min}}$

mod. x stringa =	26
------------------	----

Valori stringa da 26 moduli per $T_{amb} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	
$P_{max} \text{ [kWp]}$	17,57
$V_{mpp} \text{ [V]}$	1204,45
$I_{mpp} \text{ [A]}$	14,29
$V_{oc} \text{ [V]}$	1433,19
$I_{sc} \text{ [A]}$	15,14

Tabella 5 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb_{min}}$

$$V_{oc_{stringa}} < V_{max_{inverter}}$$

$$V_{oc_{stringa}} = 1433 \text{ V}$$

$$V_{max_{inverter}} = 1500 \text{ V}$$

La relazione 2 è soddisfatta, assumendo :

- $T_{amb,max} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$T_{amb} \text{ [}^{\circ}\text{C]} =$	35
$T_{cella} \text{ [}^{\circ}\text{C]} =$	60

Parametri modulo TS TKA600M-144-BF per $T_{amb} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
$P_{max} \text{ [Wp]}$	566,06
$V_{mpp} \text{ [V]}$	39,79
$I_{mpp} \text{ [A]}$	14,68
$V_{oc} \text{ [V]}$	47,34
$I_{sc} \text{ [A]}$	15,55

Tabella 6 Caratteristiche elettriche del modulo a $T_{amb,max}$

mod. x stringa =	26
------------------	----

Valori stringa da 26 moduli per $T_{amb} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
$P_{max} \text{ [kWp]}$	14,72
$V_{mpp} \text{ [V]}$	1034,41
$I_{mpp} \text{ [A]}$	14,68
$V_{oc} \text{ [V]}$	1230,85
$I_{sc} \text{ [A]}$	15,55

Tabella 7 Caratteristiche elettriche della stringa a $T_{amb,max}$

$$V_{mpp, min_{inverter}} < V_{mpp, min_{stringa}}$$

$$V_{mpp, min_{stringa}} = 1034 \text{ V}$$

$V_{mpp, min_{inverter}} =$ a seconda dell'inverter (vedi tabella 3)

Verificata per ogni inverter della famiglia "INGECON SUN"

La relazione 3 è soddisfatta, assumendo :

- $T_{amb_{min}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;

dalla **tabella 5** si ricava che:

$$V_{mpp, max_{stringa}} < V_{mpp, max_{inverter}}$$

$$V_{mpp, max_{stringa}} = 1205 \text{ V}$$

$$V_{mpp, max_{inverter}} = 1300 \text{ V}$$

Verificata per ogni inverter della famiglia del tipo "INGECON SUN"

Dalle considerazioni su esposte, si è effettuato il coordinamento tra moduli ed inverter (*vedi figura 2*), dando origine ai seguenti sottocampi:

- Sottocampo A: 12324 moduli;
- Sottocampo B: 10400 moduli;
- Sottocampo C: 12506 moduli;
- Sottocampo D: 10374 moduli;
- Sottocampo E: 111102 moduli;
- Sottocampo F: 9048 moduli;
- Sottocampo G: 9438 moduli.

Il generatore fotovoltaico è formato da **75192 moduli** da 600 Wp cadauno, per una potenza complessiva di picco pari a **45115,20 kWp**, saranno necessari **26 inverter** per una potenza nominale complessiva di uscita pari a **39754,00 kW**.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento alla tabella 8.

campo PV	n.ro stringhe	Tenka solar		INGECON SUN		P-out max (kVA)	QdS con 11 stringhe IN	
		n.ro mod.	P-in (kWp)	Modello inverter				
PS1	INV1	SottocampoA_1	119	3094	1856,4	1640TL-B630	1637	11
	INV2	SottocampoA_2	119	3094	1856,4	1640TL-B630	1637	11
	INV3	SottocampoA_3	119	3094	1856,4	1640TL-B630	1637	11
	INV4	SottocampoA_4	117	3042	1825,2	1640TL-B630	1637	11
PS2	INV1	SottocampoB_1	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV2	SottocampoB_2	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV3	SottocampoB_3	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV4	SottocampoB_4	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
PS3	INV1	SottocampoC_1	120	3120	1872	1640TL-B630	1637	11
	INV2	SottocampoC_2	120	3120	1872	1640TL-B630	1637	11
	INV3	SottocampoC_3	120	3120	1872	1640TL-B630	1637	11
	INV4	SottocampoC_4	121	3146	1887,6	1640TL-B630	1637	11
PS4	INV1	SottocampoD_1	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV2	SottocampoD_2	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV3	SottocampoD_3	100	2600	1560	1400TL-B540	1403	10
	INV4	SottocampoD_4	99	2574	1544,4	1400TL-B540	1403	9
PS5	INV1	SottocampoE_1	106	2756	1653,6	1400TL-B540	1403	10
	INV2	SottocampoE_2	106	2756	1653,6	1400TL-B540	1403	10
	INV3	SottocampoE_3	106	2756	1653,6	1400TL-B540	1403	10
	INV4	SottocampoE_4	109	2834	1700,4	1400TL-B540	1403	10
PS6	INV1	SottocampoF_1	116	3016	1809,6	1640TL-B630	1637	11
	INV2	SottocampoF_2	116	3016	1809,6	1640TL-B630	1637	11
	INV3	SottocampoF_3	116	3016	1809,6	1640TL-B630	1637	11
PS7	INV1	SottocampoG_1	121	3146	1887,6	1640TL-B630	1637	11
	INV2	SottocampoG_2	121	3146	1887,6	1640TL-B630	1637	11
	INV3	SottocampoG_3	121	3146	1887,6	1640TL-B630	1637	11
TOTALI	26	2892	75192	45115,20	39754,00	273		

Tabella 8 Riepilogo coordinamento moduli-inverter

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

In prossimità dei tracker, e posizionati in maniera baricentrale, si prevederà l'installazione di quadri di campo, i quali permetteranno il parallelo di più stringhe.

I quadri di campo, nel seguito QdS, oltre a fornire protezione e sezionamento delle singole stringhe, assicureranno un monitoraggio continuo delle grandezze elettriche principali (correnti e tensioni).

Brand/Modello	INGETEAM/INGECON SUN	
N. max di stringhe in input FV	11	
Corrente di impiego Imp (A)	20	
Tensione max DC (V)	1500	
Fusibile	Uno per polo	
Scaricatore	Tipo I e II	
Sezionatore DC	250 A, 2 poli	
Peso (kg)	40	
Dimensioni (L x A x P) (mm)	930 x 730 x 260	

Tabella 9 Datasheet quadri di campo (QdS) tipologico

4.2 Dimensionamento cavi DC

In considerazione delle connessioni progettate e dimensionate, si andranno ad utilizzare due tipologie di cavi in condizioni di posa differenti:

- **H1Z2Z2-K**: Cavo solare “in aria” per la connessione fisica fra i moduli FV e il Quadro di Stringa (QdS) dedicato;
- **FG16R16**: Cavo BT (DC) “in tubo interrato” per la connessione fra il Quadro di Stringa (QdS) e gli Inverter Centralizzati disposti internamente alle Power Station.

Nel seguito si riporta una diagramma in cui si chiarisce quanto sopra descritto:



Figura 6 Collegamento elettrico LATO DC



Tensione nominale U_0	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U_0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	6500 V AC	Test voltage
Tensione massima U_m	1200V(AC) 1800V(DC Anche verso Terra)	Maximun voltage U_m
Temperatura massima di esercizio	+90°C +120°C sul conduttore	Maximun operating temperature
Temperatura massima di corto circuito	+250°C/5s	Maximun short circuit temperature
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-40°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	-40°C to +90°C	Minimum installation and use temperature

Tabella 10 Caratteristiche elettriche cavo solare “H1Z2Z2-K”

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it



Tensione nominale U_0	600V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U_0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	4000 V	Test voltage
Tensione massima U_m	1200V(AC) 1800V(DC)	Maximun voltage U_m
Temperatura massima di esercizio	90	Maximun operating temperature
Temperatura massima di corto circuito per sezioni fino a 240mm ²	250	Maximun short circuit temperature for sections up to 240mm ²
Temperatura massima di corto circuito per sezioni oltre 240mm ²	220	Maximun short circuit temperature for sections over 240mm ²
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-15°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	0°C	Minimum installation and use temperature

Tabella 11 Caratteristiche elettriche cavo BT "FG16R16"

Per la scelta dei cavi si è considerato la tensione a vuoto, del generatore fotovoltaico, relativa alla più bassa temperatura ipotizzabile (0°C):

mod. x stringa =	26
------------------	----

Valori stringa da 26 moduli per Tamb = 0 °C	
Vmpp [V]	1204,45
Voc [V]	1433,19

Assumendo un fattore moltiplicativo (ksafe) di 1,2 (CEI 20-67 §2.3.1), si ricavano le tensioni di esercizio per il generatore fotovoltaico (lato DC):

Ksafe =	1,20
---------	------

Tensione max del generatore PV con stringa da 26 moduli	
Um [V] =	1719,82
Tensione esercizio del generatore PV con stringa da 26 moduli	
Unom [V] =	1445,34

Tabella 12 Tensioni del generatore fotovoltaico

I valori calcolati sono opportunamente inferiori alle tensioni di isolamento “sopportate” dai cavi elettrici scelti, riportate rispettivamente nella Tabella 10 e nella Tabella 11, ed evidenziate di seguito:

CEI 20-91 CEI EN 50618	H1Z2Z2-K	SOLAR ENERGY
DC	$U_0 [V] = 1500,00$	OK
	$U [V] = 1500,00$	OK
	$U_m [V] = 1800,00$	OK

CEI 20-13 + V1 IEC 60502	ARG16R16 FG16R16	0,6/1 kV
DC	$U_0 [V] = 1800,00$	OK
	$U [V] = 1800,00$	OK
	$U_m [V] = 1800,00$	OK

Come regola generale, la sezione di un cavo deve essere tale per cui:

$$I_b \text{ (corrente impiego del circuito)} \leq I_z \text{ (portata del cavo)}$$

$$\text{Perdite di potenza \% (lungo la linea)} \leq 2\%$$

Per il dimensionamento si è ipotizzato (vedi figura 6):

- L_{STR} =lunghezza dei cavi di collegamento dai moduli ai quadri di campo (QdS) = **0,1 km** (mediamente);
- L_{QdS} =lunghezza dei cavi di collegamento dai quadri di campo all'inverter = **0,35 km** (mediamente).

Per le correnti di impiego si è assunto prudenzialmente una maggiorazione del 25%, rispetto alla corrente di corto @STC [Isc].

Le portate dei cavi sono state elaborate tenendo conto dei fattori correttivi, relativamente alla determinata condizione di installazione prevista:

- **H1Z2Z2-K**: Cavo solare “in aria” (**CEI UNEL 35024/1**);
- **FG16R16**: Cavo BT (DC) “in tubo interrato” (**CEI UNEL 35026**).

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.CLT01.PD.D.H.05

REVISIONE n. 00

DATA
REVISIONE 04/2023

PAGINA 25 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Di seguito i risultati del dimensionamento:

Cavo per il collegamento elettrico fra i moduli FV e il Quadro di Stringa (QdS) dedicato:

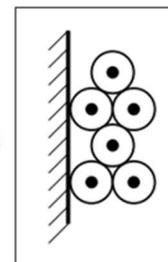
Stringa formata da 26 moduli da 600 [Wp] @STC

Potenza di stringa @STC [kWp] = 15,60
Lmedia [km] = 0,10
Tensione di stringa @STC [V] = 1133,60
Corrente di corto stringa @STC [A] = 14,59
Corrente impiego stringa Imp @STC [A] = 13,77
(Cavo solare H1Z2Z2-K) Sezione - Tipo [mmq] **4 - Cu** **OK**

Corrente di corto magg. di stringa @STC [A] = 18,24

Portata in aria @60 °C e n° 6 circuiti raggr. [Iz] 27,82
Max perdite potenza desiderate [%] 2,00%

Ktot = 0,51



cdt [kV]	0,01
cdt [%]	0,0012%
perdite potenza [kW]	0,19
perdite potenza [%]	1,24%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] [%]	66%

Condizioni di posa CEI UNEL 35024/1	
T amb. [°C]	60
n.ro circuiti	6
Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35024/1 par. 4.4

Dati costruttivi cavo H1Z2Z2-K SOLAR ENERGY CPR Eca

Sezione - Tipo (mmq)	Øconduttore (mm)	Spessore isolante (mm)	Øext massimo (mm)	Peso (kg/km)
4 - Cu	2,5	0,7	6,6	58,2

Tabella 13 Dati costruttivi "cavo di stringa"

Cavo BT (DC) per il collegamento elettrico tra il Quadro di Stringa (QdS) e gli Inverter:

QdS con 11 stringhe IN

Potenza uscita QdS @STC [kWp] = 171,60
Lmedia [km] = 0,35
Tensione esercizio QdS @STC [V] = 1133,60
Corrente di corto QdS @STC [A] = 160,49
Corrente impiego QdS Imp @STC [A] = 151,47
(Cavo FG16R16) Sezione - Tipo [mmq] **95 - Cu** **OK**

Corrente di corto magg. di QdS @STC [A] = 200,61

Portata in tubo interrato corretta con coeff. TOTALE 0,79625 [Iz] 205,43
Max perdite potenza desiderate [%] 2,00%

Ktot = 0,80



cdt [kV]	0,02
cdt [%]	0,0019%
perdite potenza [kW]	3,31
perdite potenza [%]	1,93%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] [%]	98%

Condizioni di posa CEI UNEL 35026	
Tterreno [°C]	20
N.ro circuiti	4
Prof. posa [m]	1
Resist.termica	terreno o sabbia umid.media
Carico variab.-intermittente	CEI UNEL 35026 par. 4.2-4.3

Dati costruttivi cavo FG16R16 0,6/1 kV CPR Cca-s3,d1,a3

Sezione - Tipo (mmq)	Øconduttore (mm)	Spessore isolante (mm)	Øext massimo (mm)	Peso (kg/km)
95 - Cu	13,3	1,1	20,4	991

Tabella 14 Dati costruttivi "cavo QdS"

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.CLT01.PD.D.H.05

REVISIONE n. 00

DATA
REVISIONE 04/2023

PAGINA 27 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

5 GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE

La Power Station, nel seguito PS, serie FSK B, è una soluzione chiavi in mano che può essere configurata in base alle esigenze impiantistiche. È stata concepita per ridurre al minimo i lavori di installazione e messa in servizio.

Questa soluzione MT è una vera e propria power station "*chiavi in mano*". Fino a quattro inverter fotovoltaici (tensione di ingresso =1500V), insieme a tutti gli altri componenti LV e MV, sono forniti completamente integrati, cablati e testati in fabbrica.

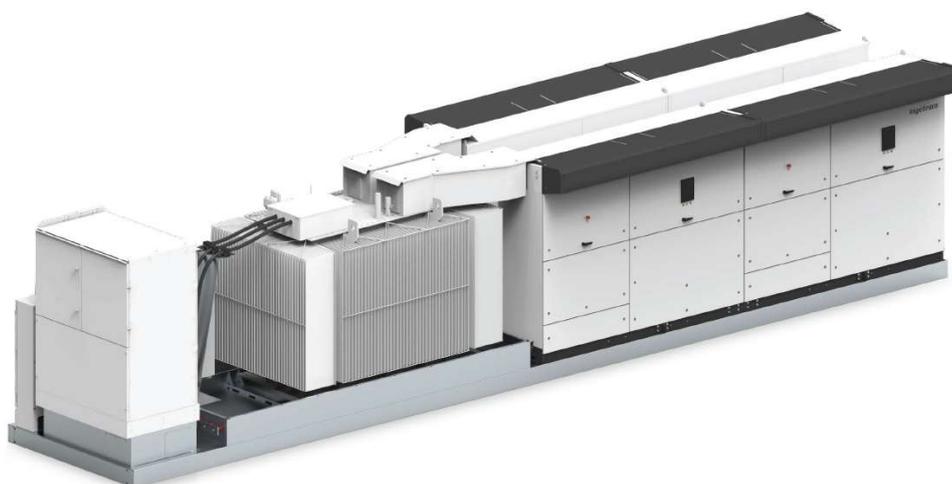


Figura 7 Gruppo di conversione e trasformazione "INGECON SUN - FSK B Series" tipologico

Viene fornita di serie con le seguenti attrezzature:

- Da uno a quattro inverter solari INGECON SUN Power B Series;
- Trasformatore ermetico in olio, con tensione secondaria a 36 kV;
- Quadro elettrico MT (36 kV);
- Trasformatore per servizi ausiliari;
- Quadro di bassa tensione.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Uno schema elettrico tipico di una Power Station è il seguente:

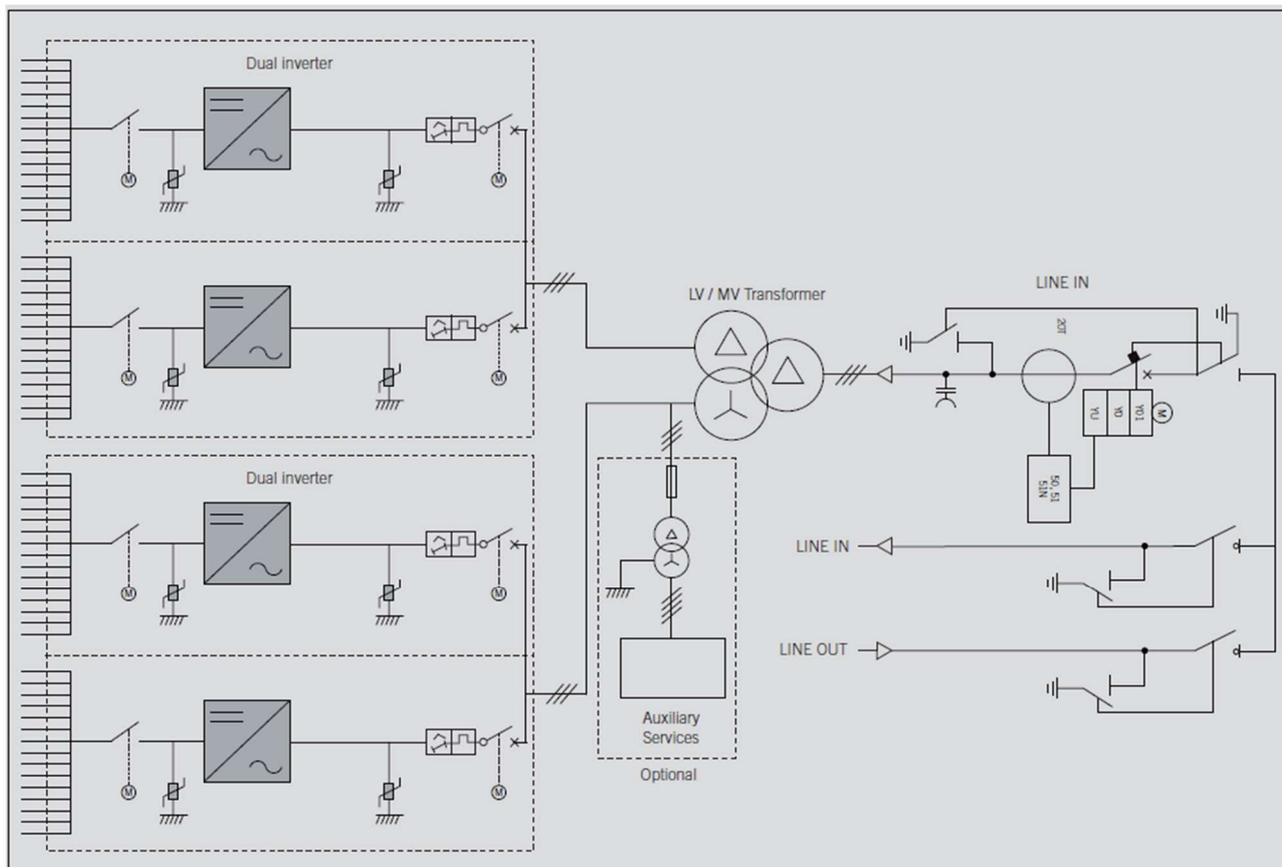


Figura 8 Schema elettrico Power Station tipologico

Per la composizione e numero di PS, fare riferimento alla **Tabella 8**.

Le PS in configurazione “**entra-esce**” permettono di collegare in serie diversi sottocampi, così come meglio evidenziato nelle figure seguenti:

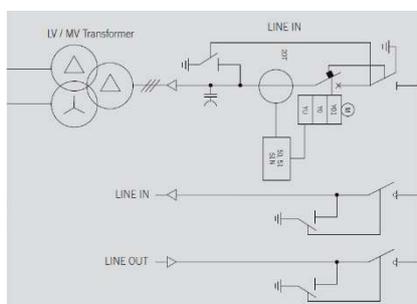


Figura 9. “Entrata esce” della PS

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.CLT01.PD.D.H.05

REVISIONE n. 00

DATA
REVISIONE 04/2023

PAGINA 30 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	31 di 57

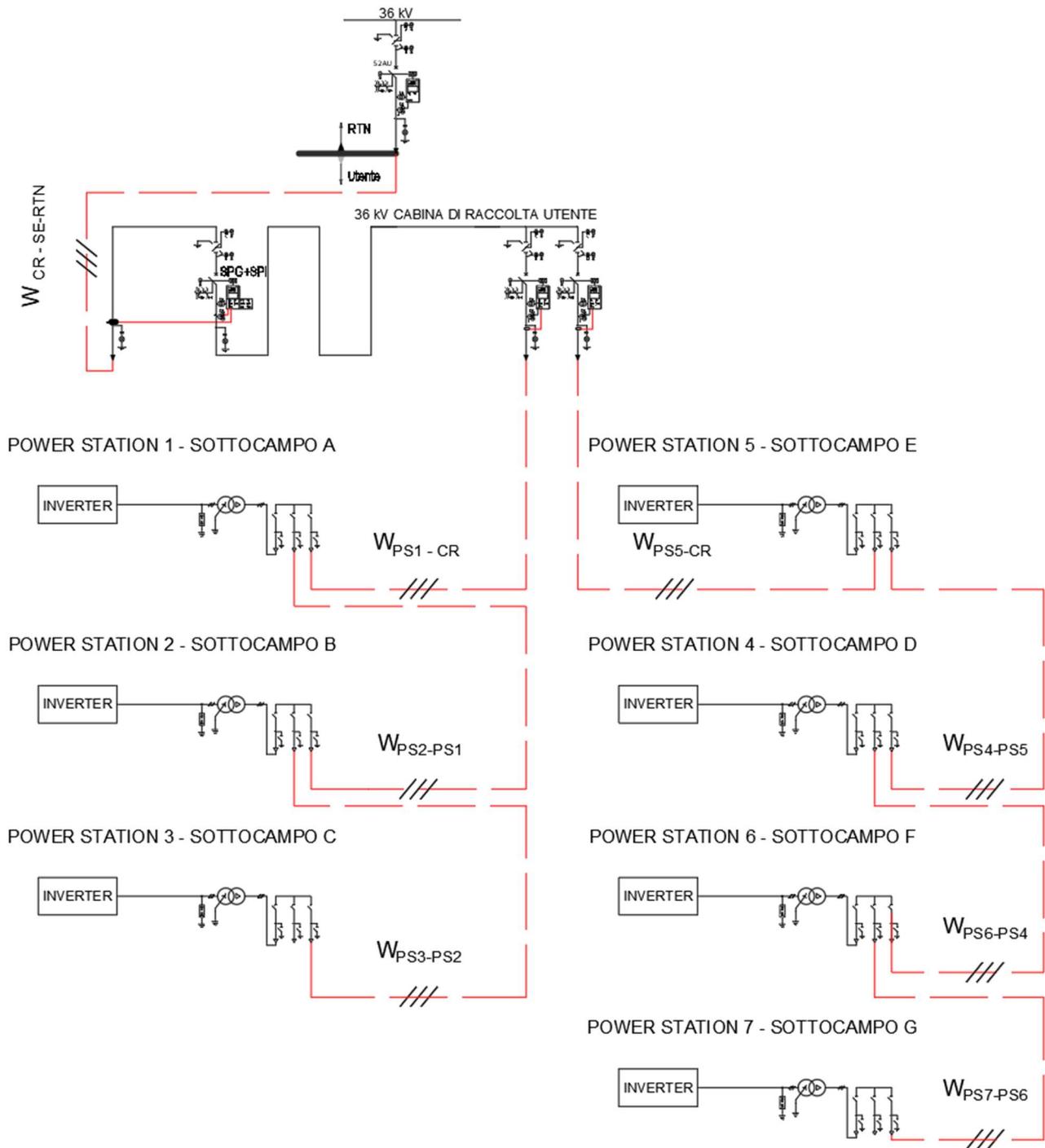


Figura 10 Configurazione "entra-esce" delle PS

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861
Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

6 LINEE DI INTERCONNESSIONE MT INTERNE

Considerando la distribuzione dei sottocampi nell'impianto (figura 2), e facendo riferimento allo schema di figura 10, si riporta di seguito l'elenco delle tratte di progetto, che interessano i collegamenti elettrici delle varie power station con la cabina di raccolta utente;

dette tratte sono denominate "interne" (al campo PV), per distinguerle dalla tratta "esterna", alla medesima tensione (36kV), che collega la cabina di raccolta con la sezione a 36 kV della stazione elettrica TERNA.

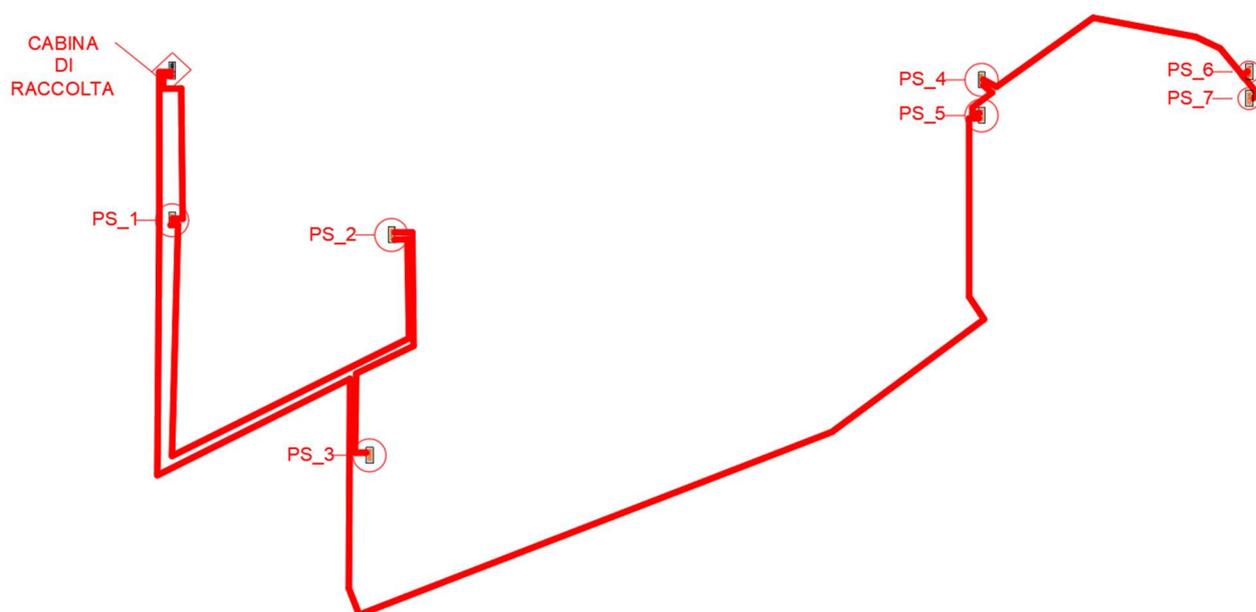


Figura 11 *Tratte interne MT "36kV"*

PARCO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) - DESCRIZIONE DEI TRATTI DI PROGETTO

Denominazione Tratta	Tratta elettrica [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]	Scavo cavidotto [m]			
			N° Terme	Strada Asfaltata	Strada Sterrata	terreno
<u>Wps7_ps6</u>	44	48	1			44
<u>Wps6_ps4</u>	330	363	1			330
<u>Wps4_ps5</u>	40	44	1			40
<u>Wps5_CR</u>	1950	2145	1			1950
<u>Wps3_ps2</u>	320	352	1			320
<u>Wps2_ps1</u>	680	748	1			680
<u>Wps1_CR</u>	170	187	1			170

Tabella 15 Elenco tratte elettriche di progetto

Considerando la distribuzione delle power station, si è deciso di suddividere il campo fotovoltaico in **due** zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio arrivo nella cabina di raccolta:

- **Zona A:** PS1-PS2-PS3;
- **Zona B:** PS4-PS5-PS6-PS7.

6.1 Tipologia Cavi

Per il collegamento elettrico in MT, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-18/30 kV,



Figura 12 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV

Norma di riferimento

HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(R_{max} 3 Ω /Km)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

aventi le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale [U_0]	18 kV
Tensione nominale [U]	30 kV
Tensione di prova	63 kV
Tensione massima U_m	36 kV
Temperatura massima di esercizio	+90°C
Temperatura massima di corto circuito	+250°C
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-15°C
Temperatura minima di installazione e maneggio	0°C

Tabella 16 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV

6.2 Tipologia Posa

Il cavo MT che interessa il collegamento tra il parco fotovoltaico, la cabina di raccolta e la stazione elettrica, seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17.

Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e/o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N) o in canalizzazione metallica a parete (modalità di posa E).

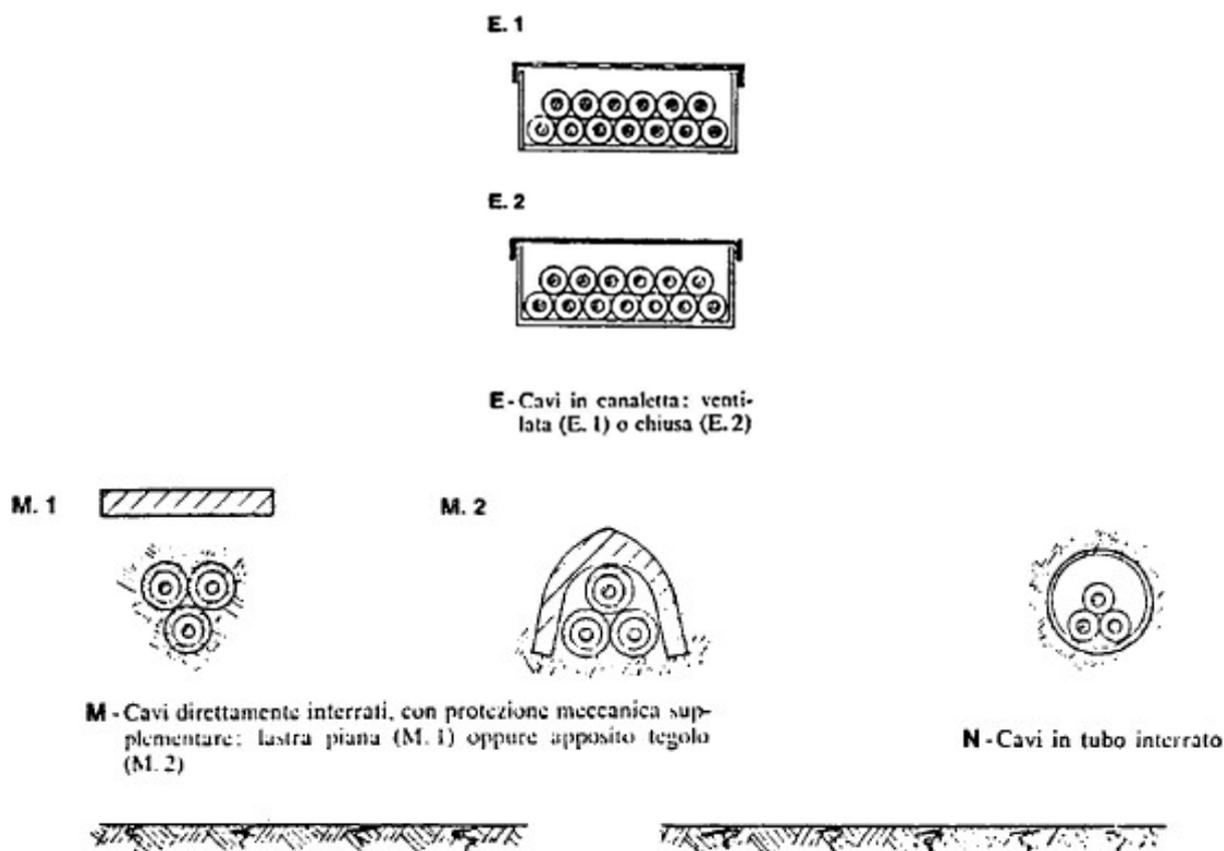


Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17)

La posa verrà eseguita ad una profondità tra 1,2 – 1,5 m.

Il tracciato del cavo, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- Scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- Letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT avvolte ad elica;
- Rinfiaccio e copertura dei cavi MT con sabbia per almeno 10 cm;
- Corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm^2 per il rame e 35 mm^2 nel caso di alluminio), e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- Riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- Inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- Nastro in PVC di segnalazione;
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

Si riportano di seguito alcune sezioni generiche del cavidotto:

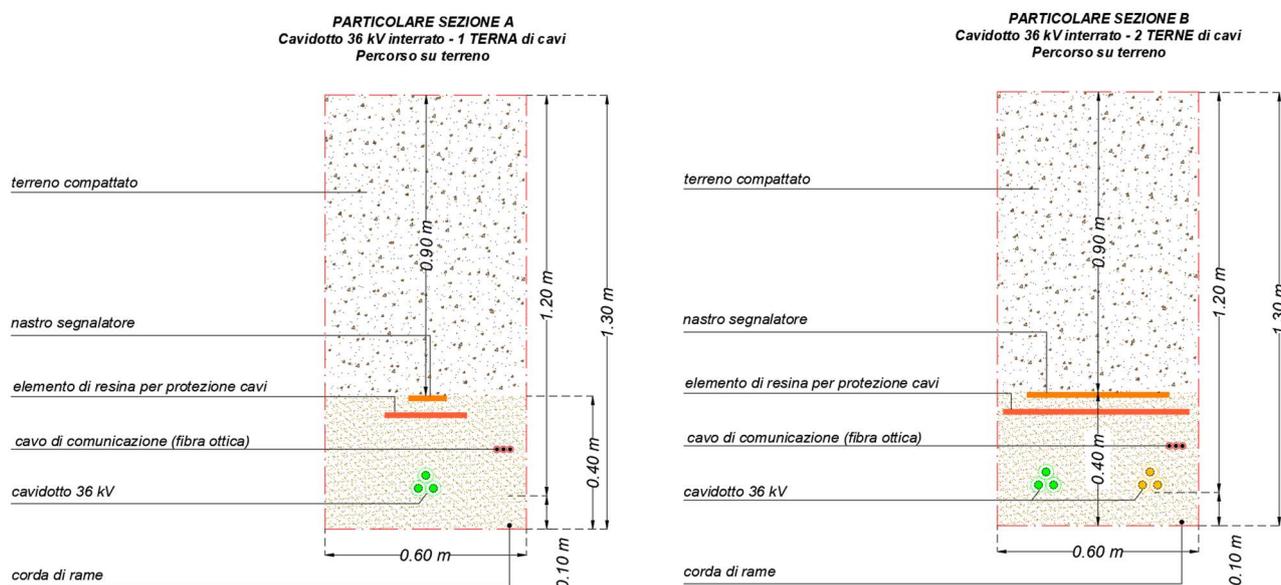


Figura 14 Sezione cavi direttamente interrati

6.3 DIMENSIONAMENTO CAVI MT

Per il dimensionamento dei cavi in MT è stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{tt} \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_r \cdot I_0 > I_b$$

Dove:

- K_{tt} è il coefficiente di correzione per posa interrata a temperatura ambientale diversa da 20 °C;
- K_n è il coefficiente di correzione per numero di conduttori caricati nello scavo maggiore di 1;
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m;
- K_r è il coefficiente di correzione per valore di resistività termica diverso da 100°C cm/W.

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavo, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (per es. avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L \cdot (RI \cos\varphi + XI \sin\varphi) \leq 5\%$$

Dove:

- K_L , coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R , resistenza del cavo;
- X , reattanza del cavo;
- I , corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ ($\sin\varphi$), fattore di potenza.

Si riportano, di seguito, i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte di cavo, **interne** al parco (collegamento delle varie power station (PS) con la cabina di raccolta);

Ogni tratta è codificata nel formato W_{xx_yy} (**vedi tabella 15**), dove:

- XX è indicata la partenza;
- YY è indicato l'arrivo.

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	38 di 57

6.3.1 Wps7_ps6

Tratta di cavo congiungente la PS7 (sottocampo G) con la PS6 (sottocampo F):

Wps7_ps6

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	4911,00	
Potenza attiva (kW)	4861,890	

$\cos \varphi = 0,99$ $\sin \varphi = 0,14$

Corrente impiego **Ib (A) = 78,76**

Lunghezza tratto (km) = 0,05

cdt desiderata (%) 5,00%

n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50 - Al

Interrato a trifoglio Portata cavo I_z (A) = **175,00**

STD			
20°	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
100° cm/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot = 0,77	

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = **134,51**

cdt (kV)	0,0050
cdt (%)	0,01%
perdite potenza (kW)	0,6726
perdite potenza (%)	0,01%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	59%

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	4,60

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	39 di 57

6.3.2 Wps6_ps4

Tratta di cavo congiungente la PS6 (sottocampo F + sottocampo G) con la PS4 (sottocampo D):

Wps6_ps4

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	9822,00	
Potenza attiva (kW)	9723,780	

$\cos \varphi = 0,99$ $\sin \varphi = 0,14$

Corrente impiego I_b (A) = 157,52

Lunghezza tratto (km) = 0,36

cdt desiderata (%) = 5,00%

n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	70 - Al

Interrato a trifoglio Portata cavo I_z (A) = 213,00

temp. posa interr. (K _{tt})	25	0,96
resist. terreno (K _r)	terreno compatto umid. norm.	1,00
prof. posa interr. (K _p)	100	0,98
n.ro terne orizz. (K _n)	2 terne a 25 cm	0,86
coeff. utente (K _{ut})	coeff. sicurezza	0,95
	K_{tot} =	0,77

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = 163,72

cdt (kV)	0,0506
cdt (%)	0,14%
perdite potenza (kW)	13,4024
perdite potenza (%)	0,14%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	96%

@50°C

R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,496	0,140	0,160	3,40

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T-250°C
Sezione (mm ²)	70
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	6,44

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

6.3.3 Wps4_ps5

Tratta di cavo congiungente la PS4 (sottocampo F + sottocampo G + sottocampo D) con la PS5 (sottocampo E):

Sistema trifase		F-F	F-N
Tensione (kV)		36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)		15434,00	
Potenza attiva (kW)		15279,660	
cos φ = 0,99		sin φ = 0,14	
Corrente impiego	Ib (A) =	247,52	
Lunghezza tratto (km) =		0,04	
cdt desiderata (%)		5,00%	
Verifica	n.ro terne stesso strato	2	
	dist. fra terne	25 cm	
	n.ro cavi X fase	1	
	Sezione (mm ² -tipo)	150 - Al	
interrato a trifoglio	Portata cavo I _z (A) =	324,00	
STD	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
20°	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
100° cm/W	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
80 cm	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
1		Ktot =	0,77
effettiva (con correzione)		Portata cavo I _z (A) =	249,04
cdt (kV)	0,0047		
cdt (%)	0,01%		
perdite potenza (kW)	1,8878		
perdite potenza (%)	0,01%		
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	99%		
@50°C			
R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,233	0,120	0,200	3,70
Corrente di corto ammissibile			
Tipo cavo	Al - Gomma T:250°C		
Sezione (mm ²)	150		
tempo (s)	1		
Icc,max (kA) =	13,80		

6.3.4 Wps5_CR

Tratta di cavo congiungente la PS5 (sottocampo F + sottocampo G + sottocampo D + sottocampo E) con la cabina di raccolta (CR):

Sistema trifase		F-F	F-N
Tensione (kV)		36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)		21046,00	
Potenza attiva (kW)		20835,540	
$\cos \varphi = 0,99$			$\sin \varphi = 0,14$
Corrente impiego	Ib (A) =	337,53	
Lunghezza tratto (km) =		2,15	
cdt desiderata (%)		5,00%	
Verifica	n.ro terne stesso strato	2	
	dist. fra terne	25 cm	
	n.ro cavi X fase	1	
	Sezione (mm ² -tipo)	300 - Al	
interrato a trifoglio	Portata cavo I _z (A) =	480,00	
STD	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
20°	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
100° cm/W	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
80 cm	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
1		Ktot =	0,77
effettiva (con correzione)	Portata cavo I _z (A) =	368,94	
cdt (kV)	0,1628		
cdt (%)	0,45%		
perdite potenza (kW)	84,6203		
perdite potenza (%)	0,41%		
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	91%		
Corrente di corto ammissibile			
Tipo cavo	Al - Gomma T-250 C		
Sezione (mm ²)	300		
tempo (s)	1		
I _{cc,max} (kA) =	27,60		

@50°C			
R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,115	0,110	0,260	4,40

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	42 di 57

6.3.5 Wps3_ps2

Tratta di cavo congiungente la PS3 (sottocampo C) con la PS2 (sottocampo B):

Wps3_ps2

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	6548,00	
Potenza attiva (kW)	6482,520	

$\cos \varphi = 0,99$ $\sin \varphi = 0,14$

Corrente impiego I_b (A) = 105,01

Lunghezza tratto (km) = 0,35

cdt desiderata (%) 5,00%

n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	50 - AI

interrato a trifoglio Portata cavo I_z (A) = 175,00

STD

20°	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
100° cm/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
		Ktot =	0,77

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = 134,51

cdt (kV)	0,0472
cdt (%)	0,13%
perdite potenza (kW)	8,4180
perdite potenza (%)	0,13%
utilizzo del cavo [I_b/I_z] (%)	78%

@50°C			
R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,723	0,150	0,140	3,40

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	AI - Gomma T=250°C
Sezione (mm ²)	50
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	4,60

Verifica OK

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	43 di 57

6.3.6 Wps2_ps1

Tratta di cavo congiungente la PS2 (sottocampo C + sottocampo B) con la PS1 (sottocampo A):

Wps2_ps1

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)	12160,00	
Potenza attiva (kW)	12038,400	

$\cos \varphi = 0,99$ $\sin \varphi = 0,14$

Corrente impiego **Ib (A) = 195,02**

Lunghezza tratto (km) = 0,75

cdt desiderata (%) 5,00%

n.ro terne stesso strato	2
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al

Verifica **OK**

Interrato a trifoglio Portata cavo I_z (A) = **255,00**

STD	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
20°	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
100° cm/W	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
80 cm	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
1		Ktot = 0,77	

effettiva (con correzione) Portata cavo I_z (A) = **196,00**

cdt (kV)	0,0950
cdt (%)	0,26%
perdite potenza (kW)	30,8207
perdite potenza (%)	0,26%
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	99%

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,362	0,130	0,170	3,90

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T+250°C
Sezione (mm ²)	95
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	8,74

6.3.7 Wps1_CR

Tratta di cavo congiungente la PS1 (sottocampo C + sottocampo B + sottocampo A) con la cabina di raccolta (CR):

Sistema trifase		F-F	F-N
Tensione (kV)		36,00	20,78
Potenza apparente (kVA)		18708,00	
Potenza attiva (kW)		18520,920	
cos φ = 0,99		sin φ = 0,14	
Corrente impiego	Ib (A) =	300,03	
Lunghezza tratto (km) =		0,19	
cdt desiderata (%)		5,00%	
Verifica	n.ro terne stesso strato	2	
	dist. fra terne	25 cm	
	n.ro cavi X fase	1	
	Sezione (mm ² -tipo)	240 - Al	
interrato a trifoglio	Portata cavo I _z (A) =	426,00	
STD	temp.posa interr. (Ktt)	25	0,96
100° cm/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	100	0,98
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
Ktot =		0,77	
effettiva (con correzione)	Portata cavo I _z (A) =	327,44	
cdt (kV)	0,0153		
cdt (%)	0,04%		
perdite potenza (kW)	7,2431		
perdite potenza (%)	0,04%		
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	92%		
Corrente di corto ammissibile			
Tipo cavo	Al - Gomma T<sub>250 C		
Sezione (mm ²)	240		
tempo (s)	1		
I _{cc,max} (kA) =	22,08		

6.3.8 RIEPILOGO tratte interne

Impianto fotovoltaico CALTAGIRONE (CT) con pot.nom. 39356 kW							
Denominazione tratta	Wps7_ps6	Wps6_ps4	Wps4_ps5	Wps5_CR	Wps3_ps2	Wps2_ps1	Wps1_CR
Potenza attiva [kW]	4862,00	9724,00	15280,00	20836,00	6548,00	12038,00	18520,00
Lunghezza Linea [km]	0,04	0,36	0,04	2,15	0,35	0,75	0,19
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	1
N.ro di terne sullo stesso strato	2	2	2	2	2	2	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30						
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)						
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1	1	1	1	1	1	1
Tipo di linea	Trifase						
Tensione di linea [kV]	36						
Corrente di impiego [A]	78,76	157,52	247,52	337,53	105,01	195,02	300,03
Sezione Cavo [mm ²]	50	70	150	300	50	95	240
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,01	0,05	0,005	0,17	0,05	0,10	0,02
cdt [%]	0,01%	0,14%	0,01%	0,45%	0,13%	0,26%	0,04%
Potenza dissipata [kW]	0,67	13,4	1,89	84,62	8,42	30,82	7,24
Potenza dissipata [%]	0,01%	0,14%	0,01%	0,41%	0,13%	0,26%	0,04%

Tabella 17 Riepilogo tratte interne

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30						
Sez. (mm ²)	Ø cond. (mm)	Øi isolante (mm)	Øext massimo (mm)	Peso (kg/km)	Rmin curv. (mm)	Portata a trifoglio int. [I] (A)
50	8,20	25,50	34,00	830	450	175
70	9,70	25,60	34,00	870	450	213
95	11,40	26,50	35,00	950	470	255
150	14,00	28,10	37,00	1130	490	324
240	18,20	31,50	41,00	1480	550	426
300	20,80	34,70	44,00	1740	590	480

Tabella 18 Caratteristiche meccaniche cavi

7 CABINA DI RACCOLTA E SMISTAMENTO

Considerando la distribuzione dei sottocampi fotovoltaici e la potenza complessiva in gioco, si è deciso di dividere l'intero parco in due zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio arrivo nella cabina di raccolta:

- **Zona A:** PS1-PS2-PS3;
- **Zona B:** PS4-PS5-PS6-PS7.

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo delle diverse power station (PS).

In particolare, il sistema sarà costituito da strutture MONOBLOCCO in C.A.V., ottenute con un unico getto, che realizza il pavimento, le tre pareti laterali e la soletta di copertura, al quale viene fissata una parete laterale di tamponamento.

Ogni struttura prevede un basamento di fondazione realizzato da una struttura prefabbricata monoblocco di tipo "a vasca" in grado di garantire la massima flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi all'interno della cabina elettrica e al tempo stesso assicurare una corretta distribuzione dei carichi sul terreno.

Il progetto prevede la posa di 4 strutture affiancate, con le seguenti caratteristiche:

- 1) Sala quadri MT;
- 2) Locale Trasformatore S.A. e locale misura;
- 3) Locale Gruppo elettrogeno;
- 4) Control Room e sistemi di comunicazione con TSO.

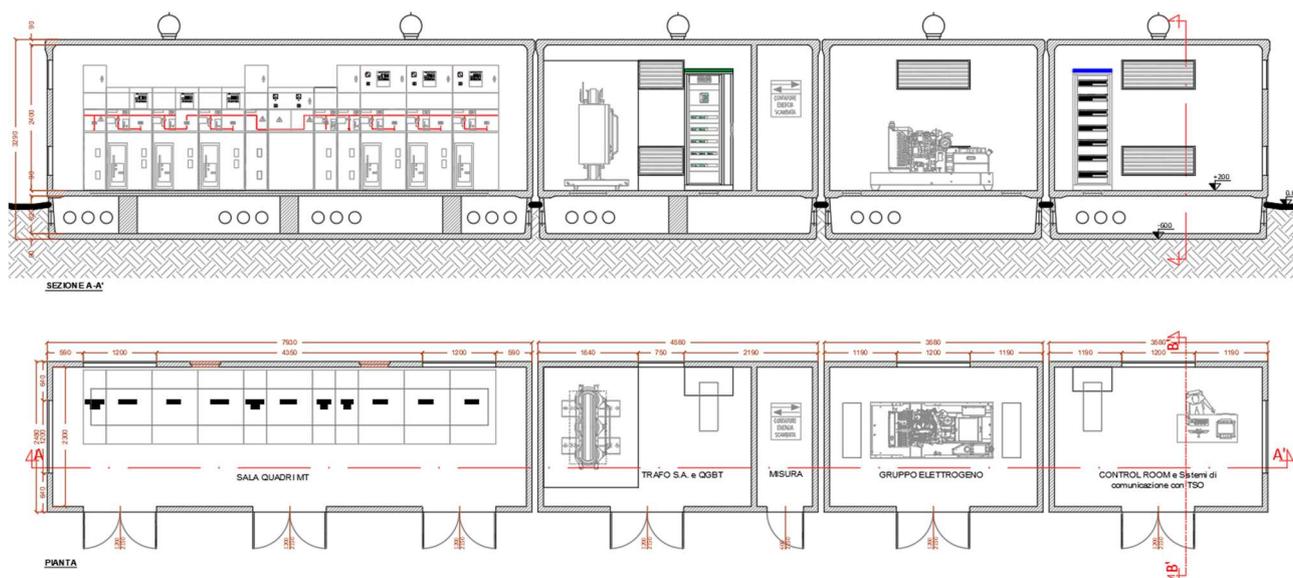


Figura 15 Layout della CR (pianta e sezione)

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE FV.CLT01.PD.D.H.05

REVISIONE n. 00

DATA
REVISIONE 04/2023

PAGINA 47 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

7.1 Sala quadri MT

Il locale conterrà il quadro MT, così composto:

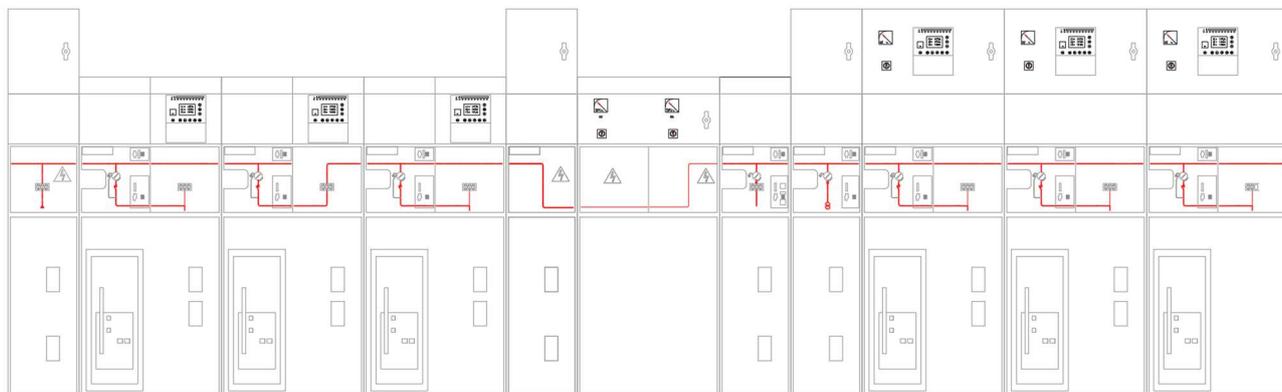


Figura 16 Quadri MT tipologico

- Unità arrivo linea o partenza con sezionatore di messa a terra;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt del cavo di collegamento con la SE RTN;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, per DG+DDI con SPG+SPI;
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt per rispetto del vincolo sulla potenza reattiva scambiata con la SE RTN;
- Unità risalita sbarre destra o sinistra con TA e TV, per misuratore energia scambiata;
- Unità protezione trasformatore con IMS combinato con fusibili, per l'alimentazione BT dei servizi ausiliari;
- Unità misure, con TV fase-terra per la misura sulla barra MT della tensione omopolare;
- N°2 Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, per la protezione di linea di ogni zona.
- Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, quale unità di riserva.

Caratteristiche elettriche delle apparecchiature:

- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione massima: 40,5 kV
- Tensione tenuta a freq. industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
- Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μ s) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale ammissibile c.to: 20 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 1 s

7.2 Locale Trasformatore S.A. e locale misura

Per i Servizi Ausiliari sono previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura.

In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari mediante un trasformatore 36/0,4 kV dedicato (potenza nominale **160 kVA**).

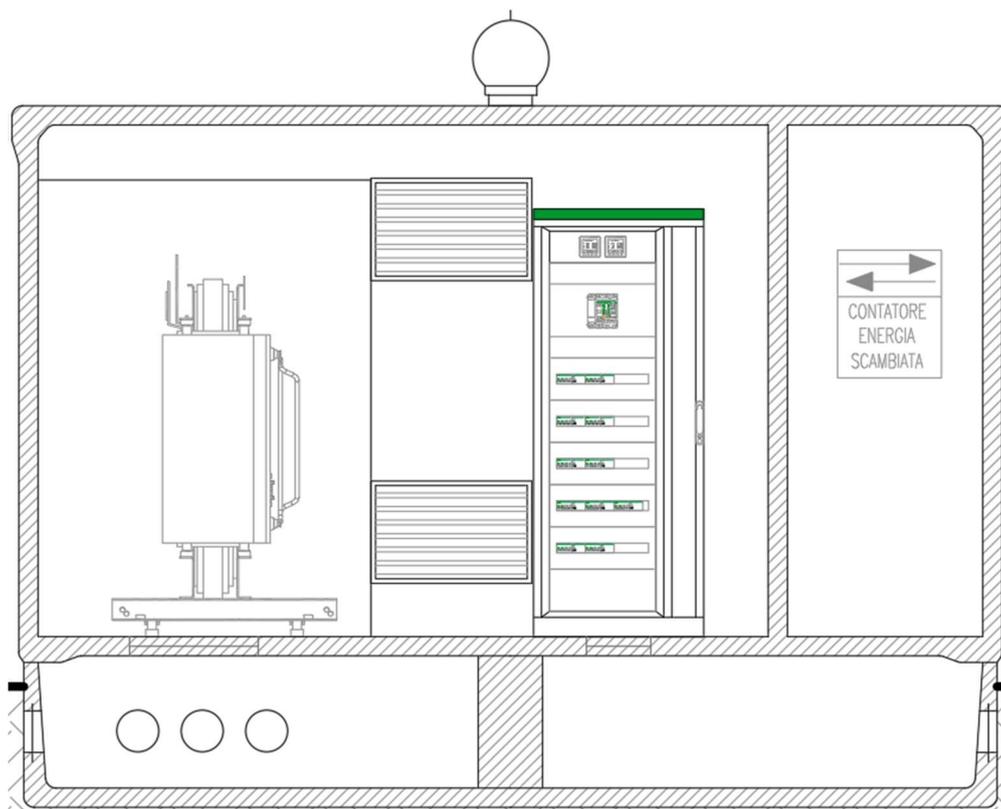
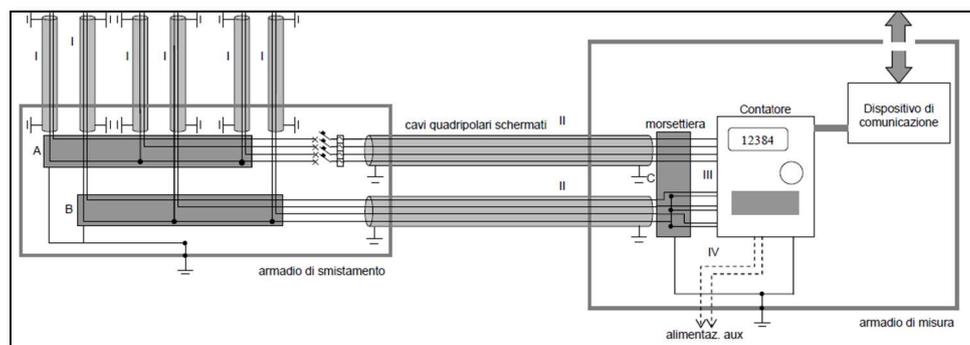


Figura 17 Locale trasformatore S.A. e locale misura

All'interno del locale trasformatore sarà presente anche il quadro generale BT.

Nella stessa struttura, affiancato al locale trasformatore, è previsto il locale misura con i relativi apparati:



ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	50 di 57

Figura 18 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia scambiata

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

7.3 Locale Gruppo elettrogeno

Nel locale è prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno diesel, per funzionamento in emergenza, con potenza nominale di **50 kVA**, con una tensione di uscita trifase 230/400 V, e relativo QUADRO DI CONTROLLO AUTOMATICO ACP.

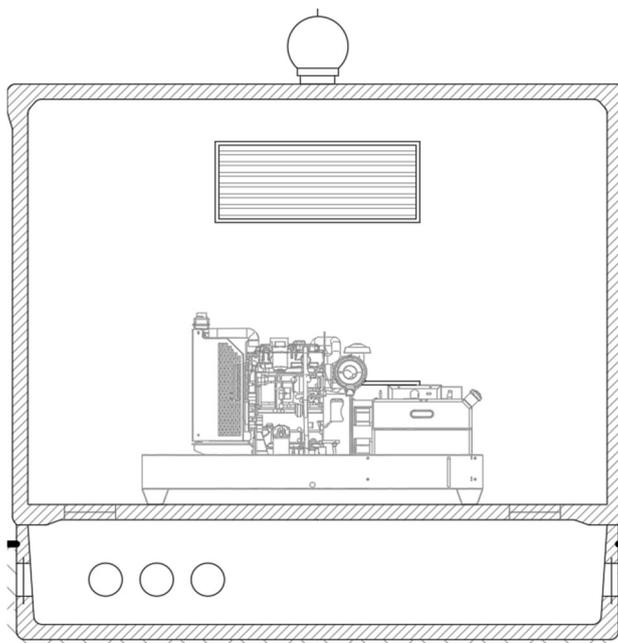


Figura 19 Locale GE

7.4 Control Room e sistemi di comunicazione con TSO

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura *SCADA* in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto fotovoltaico in tutte le situazioni. Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione del parco fotovoltaico;
- di produzione degli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati anemometrici sul parco fotovoltaico. I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio *SCADA* e contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto fotovoltaico.

I dati monitorati saranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio *SCADA*. Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di auto-diagnosi e auto-tuning.

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

ALTOBRANDO
S.R.L.

Via Chiese, n. 72 – 20126
Milano

**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	52 di 57

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

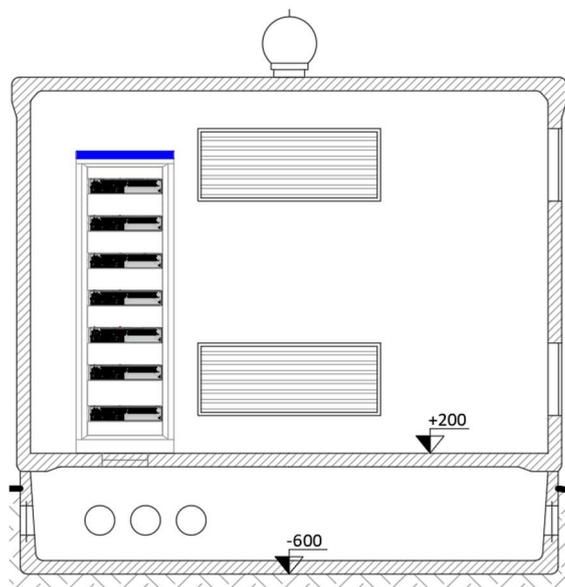
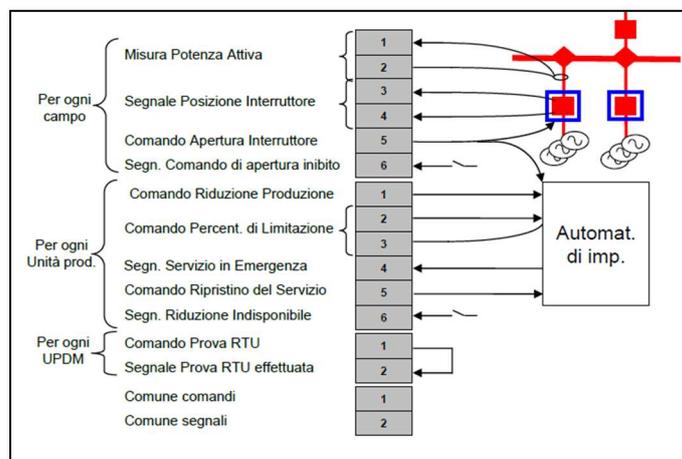


Figura 20 Control ROOM

Nell’ambito del Piano di difesa del sistema elettrico sono previsti sistemi di difesa ad azione correttiva che attuano azioni di distacco, a fronte di eventi predefiniti, o modulazione della produzione.

A tal fine, presso gli impianti di produzione asserviti ai suddetti sistemi di difesa deve essere predisposto un apparato periferico di difesa e monitoraggio (apparato periferico di telescatto o **UPDM**), avente la funzione di acquisire misure ed altre informazioni ausiliarie e di attuare comandi di distacco o di modulazione della produzione, a seguito della ricezione di un messaggio proveniente da altri apparati periferici di telescatto o dal sistema centrale di difesa di Terna (TSO).

Detti apparati saranno allocati nel già menzionato locale.



ALTOBRANDO S.R.L. Via Chiese, n. 72 – 20126 Milano	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	FV.CLT01.PD.D.H.05
		REVISIONE n.	00
		DATA REVISIONE	04/2023
		PAGINA	54 di 57

Figura 21 Interfaccia locale di un impianto eolico o fotovoltaico

8 LINEA DI INTERCONNESSIONE MT ESTERNA

Di seguito si procederà al dimensionamento della tratta esterna, che collega la cabina di raccolta con la sezione a 36 kV della stazione elettrica di TERNA.



Figura 22 Tratta esterna MT "36kV"

PARCO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) - DESCRIZIONE DEI TRATTI DI PROGETTO						
Denominazione Tratta	Tratta elettrica [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]	Scavo cavidotto [m]			
			N° Terne	Strada Asfaltata	Strada Sterrata	terreno
WCR_SE	10103	11113	2		10103	

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

Tratta di cavo congiungente la cabina di raccolta con la stazione elettrica TERNA:

WCR_SE						
Sistema trifase		F-F	F-N			
Tensione (kV)	36,00	20,78				
Potenza apparente (kVA)	39754,00					
Potenza attiva (kW)	39356,460					
cos φ = 0,99		sin φ = 0,14				
Corrente impiego	Ib (A) = 637,56					
Lunghezza tratto (km) = 11,11						
Verifica	OK	cdt desiderata (%)	5,00%			
		n.ro terne stesso strato	2			
		dist. fra terne	25 cm			
		n.ro cavi X fase	2			
Sezione (mm²-tipo)		300 - Al				
interrato a trifoglio	Portata cavo I _z (A) = 960,00					
STD	temp.posa interr. (K _{tt})	25	0,96			
100° cm/W	resist.terreno (K _r)	terreno compatto umid.norm.	1,00			
80 cm	prof.posa interr. (K _p)	125	0,96			
1	n.ro terne orizz. (K _n)	2 terne a 25 cm	0,86			
1	coeff.utente (K _{ut})	coeff.sicurezza	0,95			
		K _{tot} =	0,75			
effettiva (con correzione)		Portata cavo I _z (A) = 722,83				
cdt (kV)	0,7964					
cdt (%)	2,21%					
perdite potenza (kW)	782,1162					
perdite potenza (%)	1,99%					
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	88%					
Corrente di corto ammissibile						
Tipo cavo	Al - Gomma T _s 260 C					
Sezione (mm ²)	300					
tempo (s)	1					
I _{cc,max} (kA) =	27,60					

@50°C			
R	X	C	θ _{ext} massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,115	0,110	0,260	4,40

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al - Gomma T _s 260 C
Sezione (mm ²)	300
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	27,60

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30						
Sez.	Ø cond.	Øi isolante	Øext massimo	Peso	Rmin curv.	Portata a trifoglio int. [I]
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(A)
300	20,80	34,70	44,00	1740	590	480

ALTOBRANDO S.R.L. si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzati.

Capitale sociale 10.000,00 euro i.v. | Codice Fiscale e Partita IVA n° 12458390965 | Iscriz. Reg. Imprese di Milano n° 2662861

Indirizzo PEC: altobrandosrl@legalmail.it

9 RIEPILOGO

Di seguito, la tabella riassuntiva dell'intero impianto:

Impianto fotovoltaico CALTAGIRONE (CT) con pot.nom. 39356 kW								
Denominazione tratta	Wps7_ps6	Wps6_ps4	Wps4_ps5	Wps5_CR	Wps3_ps2	Wps2_ps1	Wps1_CR	CR-SE
Potenza attiva [kW]	4862,00	9724,00	15280,00	20836,00	6548,00	12038,00	18520,00	39356,00
Lunghezza Linea [km]	0,04	0,36	0,04	2,15	0,35	0,75	0,19	11,11
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	1	2
N.ro di terne sullo stesso strato	2	2	2	2	2	2	2	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30							
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)							
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1	1	1	1	1	1	1	1,25
Tipo di linea	Trifase							
Tensione di linea [kV]	36							
Corrente di impiego [A]	78,76	157,52	247,52	337,53	105,01	195,02	300,03	481,13
Sezione Cavo [mm ²]	50	70	150	300	50	95	240	300
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,01	0,05	0,005	0,17	0,05	0,10	0,02	0,80
cdt [%]	0,01%	0,14%	0,01%	0,45%	0,13%	0,26%	0,04%	2,21%
CDT max (da SE) [%]	2,82%	2,81%	2,67%	2,66%	2,64%	2,51%	2,25%	2,21%
Potenza dissipata [kW]	0,67	13,4	1,89	84,62	8,42	30,82	7,24	782,12
Potenza dissipata [%]	0,01%	0,14%	0,01%	0,41%	0,13%	0,26%	0,04%	1,99%
Potenza impianto [MW]	39,36							
Potenza dissipata impianto [MW]	0,93							
Potenza dissipata impianto [%]	2,36							

Tabella 19 Riepilogo tratte in cavo dell'intero impianto

Come si evince dalla tabella:

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona A" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 2,64 (< 5)$$

la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo "zona B" è pari a:

$$\text{cdt} [\%] = 2,82 (< 5)$$

La potenza totale dissipata, a regime (potenza nominale di produzione), è pari a:

$$\text{Potenza dissipata [MW]} = 0,93$$

$$\text{Potenza dissipata} [\%] = 2,36$$