

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN  
LOCALITA' MASSERIA BARONI  
COMUNE DI PRESICCE ACQUARICA (LE)  
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVA003 ACQUARICA MASSERIA BARONI  
POTENZA NOMINALE 24.0 MW

## PROGETTO DEFINITIVO - SIA

### PROGETTAZIONE E SIA

#### HOPE engineering

ing. Fabio PACCAPELO  
ing. Andrea ANGELINI  
arch. Andrea GIUFFRIDA  
arch. Gaetano FORNARELLI  
dott.ssa Anastasia AGNOLI

#### Studio ALAMI

Arch. Fabiano SPANO  
Arch. Valentina RUBRICHI  
Arch. Susanna TUNDO

### PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

ing. Roberto DI MONTE

### AGRONOMIA E STUDI COLTURALI

dott. Donato RATANO

### STUDI SPECIALISTICI E AMBIENTALI

MICROCLIMATICA  
dott.ssa Elisa GATTO

ARCHEOLOGIA  
dott. Cristian NAPOLITANO

GEOLOGIA  
Apogeo Srl

ACUSTICA  
dott.ssa Sabrina SCARAMUZZI

### COLLABORAZIONE SCIENTIFICA

**UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLE PRODUZIONI VEGETALI SOSTENIBILI  
prof. Stefano AMADUCCI

## R.2 RELAZIONI SPECIALISTICHE

### R.2.12 Relazione tecnica impianti elettrici e componentistiche elettriche

REV.	DATA	DESCRIZIONE
	10-23	prima emissione



## INDICE

1. PREMESSA	4
2. INTRODUZIONE	5
3. LEGISLAZIONE VIGENTE	6
4. DEFINIZIONI	8
4.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO	8
4.2 IMPIANTO PER LA CONNESSIONE	8
4.3 IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE	8
4.4 IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE	8
5. INQUADRAMENTO DELL'OPERA	9
5.1 DATI TECNICI	9
6. DESCRIZIONE DEI COMPONENTI E DELLE SCELTE PROGETTUALI	11
6.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	11
6.2 CONNESSIONE ALLA RETE	11
6.3 DESCRIZIONE DEI SOTTOCAMPI COSTITUENTI L'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	12
6.4 MODULO FOTOVOLTAICO	15
6.5 POWER SKIDS E CABINA DI RACCOLTA	16
6.5.1 Gruppo di conversione CC/CA	19
6.6 SISTEMA DI ACCUMULO ENERGIA ESS	21
6.6.1 Il DC-DC Converter	21
6.6.2 Disposizione Bess	23
6.7 STRUTTURE DI SUPPORTO A INSEGUIMENTO BIASSIALE	23
6.8 QUADRI ELETTRICI	26
6.9 CAVI E TUBAZIONI	27
6.10 SISTEMA DI TERRA (MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI)	28
6.11 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI	28
6.12 SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA	30
6.13 SISTEMI ANTINCENDIO	30
6.14 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	30
7. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO DEL GENERATORE E DEI CAVIDOTTI MT	32
7.1 MODALITÀ DI CALCOLO	32



7.2	CALCOLO DELLA PORTATA	32
7.3	SCELTA DEL TIPO DI POSA CAVO MT	34
7.4	SCELTA DEL LIVELLO DI TENSIONE E DEL TIPO DI CAVO	34
7.5	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT	35
7.6	CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI	36
7.7	COLLEGAMENTI AUSILIARI	37
7.8	APPARECCHIATURE A MT	37
7.9	QUADRO GENERALE MT	37
7.10	SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI	37
7.11	RETE DI TERRA	38
7.12	IMPIANTI SPECIALI	38
7.13	ILLUMINAZIONE ESTERNA ED IMPIANTO FM	38
7.14	PROTEZIONE APPARECCHIATURE	38
8.	SOTTOSTAZIONE AT/MT	39
8.1	NUOVO STALLO AT	39
8.1.1	<i>Sezionatore AT</i>	39
8.1.2	<i>Interruttore</i>	40
8.1.3	<i>Trasformatori di tensione induttivi</i>	41
8.1.4	<i>Scaricatori di sovratensione</i>	41
8.1.5	<i>Trasformatore AT/MT</i>	42
8.2	CONDUTTORI, MORSE E COLLEGAMENTI AT	42
8.3	COLLEGAMENTI AUSILIARI	42
8.4	APPARECCHIATURE A MT	42
8.5	QUADRO GENERALE MT	43
8.6	SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI	43
8.7	RETE DI TERRA	43
8.8	ILLUMINAZIONE ESTERNA ED IMPIANTO FM	43
8.9	IMPIANTI SPECIALI	43
8.10	PROTEZIONE APPARECCHIATURE	44
9.	ELETTRODOTTO AT 150 KV	45
9.1	SCELTA DEL TIPO DI CAVO	45
9.2	CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI	47
10.	NUOVO STALLO IN CABINA PRIMARIA	49
10.1.1	<i>Sezionatore AT</i>	49
10.1.2	<i>Interruttore</i>	50
10.1.3	<i>Trasformatori di tensione induttivi</i>	50



10.1.4	Scaricatori di sovratensione	50
11.	VALUTAZIONE DELLA PRODUCIBILITA'	52
12.	VERIFICHE E COLLAUDO	53
12.1	CERTIFICAZIONE	53
12.2	COLLAUDO	53
12.3	VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA	54
12.4	VERIFICHE DEI SISTEMI DI MISURE	54
12.5	DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE	54



## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono descritte le opere elettriche necessarie alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, un impianto, cioè, capace di abbinare la tecnologia fotovoltaica per convertire l'energia solare primaria in energia elettrica all'attività agricola. L'impianto e le relative opere ed infrastrutture connesse saranno realizzate in località Masseria Baroni nel territorio del Comune di Presicce - Acquarica (LE).

La progettazione è stata studiata utilizzando le tecnologie ad oggi presenti e disponibili sul mercato; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione dell'impianto le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto) potranno non essere più disponibili sul mercato e quindi potranno essere impiegate nella realizzazione tecnologie disponibili e più all'avanguardia, lasciando invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione e occupazione del suolo.



## 2. INTRODUZIONE

La conversione fotovoltaica consiste nella trasformazione diretta dell'energia solare in energia elettrica mediante dispositivi a stato solido, prodotti con metodi affini a quelli impiegati nell'industria elettronica. Essa mostra la più elevata efficienza di conversione dell'energia solare primaria in elettricità rispetto alle altre tecnologie rinnovabili.

La tecnologia fotovoltaica appare, nel lungo periodo, quella che consente lo sfruttamento più promettente e su grande scala delle fonti rinnovabili, soprattutto in Paesi come l'Italia, con alti livelli di insolazione e un potenziale energetico fotovoltaico pari a 47.000 miliardi di kWh/anno<sup>1</sup>.

A differenza di talune fonti rinnovabili, il fotovoltaico beneficia della indipendenza del luogo di installazione rispetto alla fonte di energia: seppur in misura variabile, sulla superficie terrestre l'irraggiamento solare arriva ovunque, la fonte eolica e quella idroelettrica sono invece limitate a porzioni specifiche del territorio, laddove tali risorse si concentrano in misura idonea ad essere sfruttate, mentre la biomassa va coltivata in situ o comunque trasportata. Da ciò discende un ulteriore pregio del fotovoltaico: tali impianti sono gli unici idonei ad applicazioni di tipo locale, sono modulari e possono risolvere ovunque fabbisogni, capaci anche di alimentare autonomamente utenze isolate distanti dalla rete elettrica o protette da vincoli, tipo parchi naturali, isole, etc.

---

<sup>1</sup> Bilancio Energetico 2018



### 3. LEGISLAZIONE VIGENTE

Le principali normative e leggi di riferimento per la progettazione dell'impianto fotovoltaico sono:

- D.Lgs. 387/2003 in attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione della energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- D.Lgs 28/2011 in attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- Legge n. 10/1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia";
- Decreto del Ministero per lo Sviluppo Economico del 10 settembre 2010, "Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili";
- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- L.R. 16 Dicembre 2011, n. 16 - Norme in materia ambientale e di fonti rinnovabili
- DM 19.02.2007;
- DM 06.08.2010;
- DM 05.05.2011;
- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- conformità al marchio CE per i componenti dell'impianto;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici;
- norme UNI/ISO per la parte meccanico/strutturale;
- D.lgs. n. 81/08 recante "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- D.M. 37/08 norma per la sicurezza e realizzazione impianti elettrici;
- unificazioni Società Elettriche (E - DISTRIBUZIONE e/o altre) per le interfacce con la rete elettrica;
- CEI EN 61936-1 (Classificazione CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.



- norma CEI 11-20 per gli impianti di produzione;
- norma CEI 0-16 per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 recante “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive - TICA)” come successivamente modificato e integrato;
- “Guida per le connessioni alla rete elettrica di e-distribuzione, normativa E-DISTRIBUZIONE.

L'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria indicativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, vanno comunque applicate. Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d’arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti, anche se non espressamente richiamate nel seguito.





## **4. DEFINIZIONI**

### **4.1 IMPIANTO AGRIVOLTAICO**

Con il termine “agrivoltaico” si intende un sistema che coniuga la produzione agricola con la produzione di energia elettrica mediante impianto fotovoltaico, ospitando le due componenti nel medesimo terreno; pertanto, si tratta della convivenza, sul medesimo sito della conduzione delle colture agricole unitamente alla produzione di energia elettrica mediante l’installazione di pannelli fotovoltaici su apposite strutture di supporto, le caratteristiche di tali strutture dovranno essere compatibili con il regolare svolgimento dell’attività agricola e il transito dei mezzi agricoli necessari alla stessa.

Il termine “impianto agrivoltaico” o “impianto” verrà di seguito utilizzato per identificare l’insieme dei pannelli fotovoltaici, degli inverter, dei trasformatori elevatori, della rete elettrica per il collegamento dei pannelli agli inverter e ai trasformatori (rete BT), della rete elettrica per il collegamento dei vari trasformatori fino al quadro MT generale presente in Cabina di raccolta (rete MT), dell’impianto di videosorveglianza, dell’impianto di telecontrollo, degli impianti per servizi ausiliari, delle opere civili (recinzione viabilità ecc.) realizzate sull’area di impianto indicata negli elaborati grafici.

### **4.2 IMPIANTO PER LA CONNESSIONE**

L’impianto per la connessione è l’insieme degli impianti realizzati a partire dal punto di inserimento sulla rete esistente, necessari per la connessione alla rete di un impianto di produzione. L’impianto per la connessione è costituito dall’impianto di rete per la connessione e dall’impianto di utenza per la connessione

### **4.3 IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE**

L’impianto di rete per la connessione è la porzione di impianto per la connessione di competenza del gestore di rete, compresa tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione.

### **4.4 IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE**

L’impianto di utenza per la connessione è la porzione di impianto per la connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza del richiedente.



## 5. INQUADRAMENTO DELL'OPERA

La società Santa Lucia Energia S.r.l., facente parte del Gruppo Hope, con sede in Milano, Via Lanzone,31 intende realizzare un impianto agrivoltaico avente potenza nominale dei moduli fotovoltaici pari a circa **24.555,56 kWp**, in un sito a destinazione agricola ricadente sul territorio comunale di Presicce - Acquarica nella Provincia di Lecce.

Il progetto definitivo comprende le opere necessarie alla connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, progettate in base alla **STMG** rilasciata dalla società di gestione E-distribuzione S.p.A. a conclusione della procedura di coordinamento con Terna S.p.A. e regolarmente accettata dal Proponente.

L'area per la realizzazione dell'impianto è stata scelta a valle di considerazioni basate in primis sul rispetto dei vincoli intesi a contenere gli effetti modificativi del suolo ed a consentire l'esistenza dell'impianto nel rispetto dell'ambiente e delle attività umane in atto nell'area, ed in secondo luogo sui requisiti tecnici e di rendimento dell'impianto.

Il progetto è stato sviluppato studiando la disposizione dell'impianto sul territorio in relazione a numerosi fattori tra cui:

- radiazione incidente al suolo e fenomeni di ombreggiamento;
- orografia del sito;

Sulla base dei criteri sopra descritti, attraverso indagini e sopralluoghi in situ, è stata ipotizzata una configurazione dell'impianto che viene esaurientemente rappresentata negli elaborati allegati al presente progetto.

### 5.1 DATI TECNICI

<b>Luogo di installazione:</b>	Località Masseria Baroni - Comune di Presicce – Acquarica (LE)
<b>Potenza di picco:</b>	24.555,96 kWp
<b>N° moduli fotovoltaici</b>	34.344
<b>Tipo strutture di sostegno:</b>	Struttura di supporto ad inseguimento biassiale
<b>Inclinazione piano dei moduli:</b>	Variabile
<b>Angolo di azimuth ° (0°Sud – 90°Est):</b>	Variabile
<b>Angolo di tilt °:</b>	Variabile
<b>Rete di Raccolta:</b>	Media tensione 30 kV
<b>Rete di collegamento:</b>	Alta Tensione RTN 150 kV



<b>Gestore della rete:</b>	E - distribuzione
<b>Coordinate geografiche:</b>	Latitudine: 39.906241°; Longitudine: 18.214385°



## 6. DESCRIZIONE DEI COMPONENTI E DELLE SCELTE PROGETTUALI

### 6.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Le tavole allegate riportano la planimetria e lo schema elettrico generale dell'impianto fotovoltaico da cui si evidenziano le principali funzioni svolte dai vari sottosistemi e apparecchiature che compongono l'impianto stesso.

L'impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica in oggetto è suddiviso essenzialmente in sei campi separati da una recinzione propria, su cui sono suddivisi i 34.344 moduli da 715 W riuniti in stringhe.

Le stringhe sono costituite da moduli connessi in serie in modo da non superare una tensione a vuoto di 1500 Vdc anche in condizioni di basse temperature (il calcolo è stato fatto per una temperatura minima di -5°C).

In ciascun sottocampo le stringhe saranno realizzate collegando in serie 24 moduli e collegate al quadro di parallelo stringhe prima di essere collegate all'inverter centralizzato del relativo Skid.

Ogni campo raccoglierà la potenza del generatore in corrente continua e la convoglierà tramite cavidotti in CC verso i punti di raccolta, conversioni e trasformazione in MT dell'energia prodotta. Tali punti di raccolta, non saranno né cabine prefabbricate e cabine posate in opera ma saranno dei Power Skid poggiati su platea di fondazione composta dall'insieme dell'inverter centralizzati outdoor, il trasformatore elevatore MT/BT e i quadri BT e MT tutti Outdoor come meglio specificato nei paragrafi successivi. Una esigenza tecnica è rappresentata dalla ricerca del miglior accoppiamento possibile tra i livelli di tensione del generatore fotovoltaico con quelli del convertitore cc/ca, per il quale si registra un aumento dell'efficienza al diminuire del rapporto tra tensione di ingresso e uscita. Si osserva, innanzitutto, che quanto più alta è la tensione di lavoro, tanto minori risultano essere, a parità di potenza, le correnti in gioco nel circuito, determinando minori perdite elettriche.

### 6.2 CONNESSIONE ALLA RETE

L'impianto sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale RTN tramite la costruzione di un impianto elettrico per la connessione.

La consistenza dell'impianto di connessione è determinata in base alle indicazioni del gestore di rete che in questo caso è E-Distribuzione, il quale invia al soggetto richiedente (Santa Lucia Energia srl) un preventivo di connessione contenente i costi di connessione e la Soluzione Tecnica Minima Generale per la connessione dell'impianto (STMG). La STMG rilasciata da E-distribuzione S.p.A con preventivo di connessione del 07/07/2023 codice di rintracciabilità **369200082**, prevede che l'impianto agrivoltaico sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale mediante collegamento in antenna AT 150 kV alla Cabina Primaria (CP) denominata "CASTRIGNANO DEL CAPO", subordinato alla realizzazione del nuovo stallo linea AT. Secondo tale STMG, l'impianto di rete per la connessione sarà costituito da stallo AT in aria in CP con consegna sullo stallo AT medesimo, mentre il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento del Vs. impianto alla Cabina Primaria "CASTRIGNANO DEL CAPO" costituisce impianto di utenza.

Si dovrà pertanto realizzare un impianto di rete per la connessione costituito da un nuovo stallo linea AT in aria in CP con consegna sullo stallo AT medesimo ed un impianto di utenza per la



connessione costituito, oltre che dall'elettrodotto AT 150 kV indicato dal gestore di rete, anche da una sottostazione necessaria per innalzare il livello di tensione dell'energia prodotta a 30 kV dall'impianto fotovoltaico fino a 150 kV come richiesto dalla STMG. Si è, inoltre, scelto di ubicare la sottostazione di utenza in prossimità della CP al fine di contenere al minimo la lunghezza dell'elettrodotto AT e pertanto si prevede anche la realizzazione di un elettrodotto di vettoriamento MT tra il campo agrivoltaico e la sottostazione elettrica.

In sintesi, le opere necessarie per connettere l'impianto agrivoltaico sono costituite da:

1. Una cabina di raccolta a 30 kV
2. un elettrodotto di vettoriamento interrato a 30 kV costituito da una doppia terna di cavi unipolari con posa ad elica visibile
3. una sottostazione elettrica 30/150 kV
4. un elettrodotto interrato a 150 kV
5. un nuovo stallo in CP E-Distribuzione di Castrignano del Capo

La descrizione delle opere di cui ai punti 1 e 2 sono contenute nel presente capitolo mentre le opere di cui ai punti 3,4 e 5 sono dettagliate nei capitoli successivi.

### 6.3 DESCRIZIONE DEI SOTTOCAMPI COSTITUENTI L'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

L'impianto agrivoltaico ha una potenza totale di 24.555,96 kWp e di seguito vengono riportate le caratteristiche generali dei 6 sottocampi individuati:

SOTTOCAMPO A	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5.856</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	244
Potenza totale di picco	<b>4.187,04 kWp</b>
Tipo Sottostuttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid
Componenti Power Skid 2a - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT

SOTTOCAMPO B	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5.616</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	234
Potenza totale di picco	<b>4.015,00 kWp</b>
Tipo Sottostuttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid



Componenti Power Skid 2b - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT
---	---

SOTTOCAMPO C	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5.856</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	244
Potenza totale di picco	<b>4.187,04 kWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid
Componenti Power Skid 3c - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT

SOTTOCAMPO D	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5880</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	245
Potenza totale di picco	<b>4.204,20 kWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid
Componenti Power Skid 4d - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT

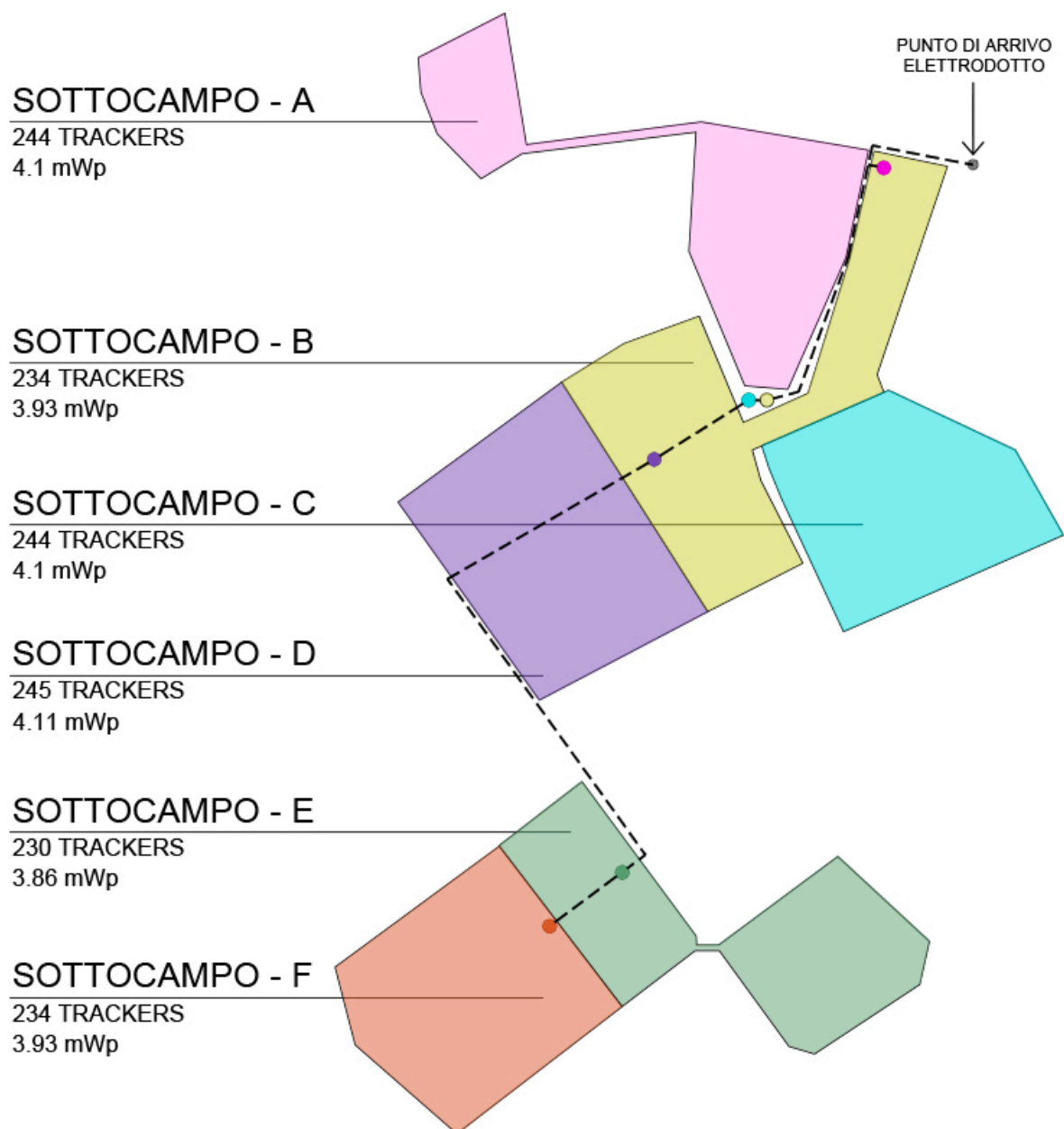
SOTTOCAMPO E	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5520</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	230
Potenza totale di picco	<b>3.946,80 kWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid



Componenti Power Skid 5e - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT
---	---

SOTTOCAMPO F	
N° moduli fotovoltaici (Huasun, modello Himalaia G12 DS715 715 Wp)	<b>5616</b>
N° moduli in serie (stringa)	24
N° stringhe	234
Potenza totale di picco	<b>4.015,44 kWp</b>
Tipo Sottostruttura	Struttura ad inseguimento biassiale
N° Punti di Raccolta, Conversione e trasformazione (Power Skid)	N. 1 Power Skid
Componenti Power Skid 6f - Inverter x Esterno (Tipo Centralizzato Sunny Central della SMA) - Trasformatore MT/BT in olio 30/0,6 kV - Quadro Servizi Ausiliari - Quadro MT a 30 kV di raccolta e smistamento	N. 1 Inverter da 4000 kVA N. 1 Trasformatore da 4000 kVA N. 1 Quadro BT N. 1 Quadro MT





#### 6.4 MODULO FOTOVOLTAICO

Il modulo fotovoltaico scelto è in silicio monocristallino Huasun, modello Himalaia G12 DS715, da 132 Celle, con potenza del singolo modulo pari a 715 W. I moduli sono del tipo “bifacciali”, cioè in grado di convertire in energia elettrica anche la radiazione solare riflessa dall’ambiente circostante e incidente sul retro dei moduli.

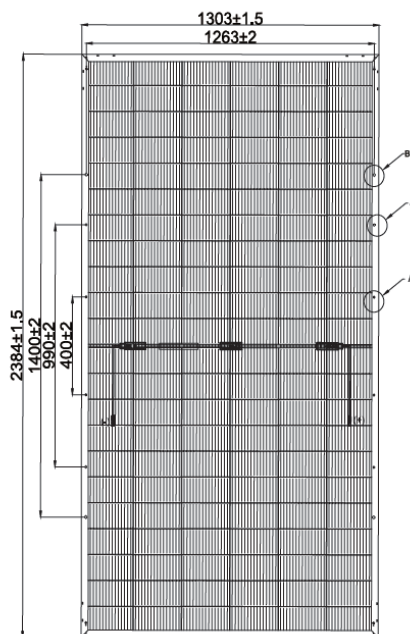
Si riporta di seguito un estratto della scheda tecnica con le principali caratteristiche del modulo utilizzato.





## Engineering Drawings

Unit: mm



Dimensioni del modulo

## Electrical Characteristics (STC\*)

		HS-210-B132-DS715
Maximum Power	(Pmax)	715W
Module Efficiency	(%)	23.02%
Optimum Operating Voltage	(Vmp)	41.38V
Optimum Operating Current	(Imp)	17.28A
Open Circuit Voltage	(Voc)	49.63V
Short Circuit Current	(Isc)	17.62A
Operating Module Temperature		-40 to +85 °C
Maximum System Voltage		DC1500V (IEC)
Maximum Series Fuse		30A
Power Tolerance		0~+5W
Bifaciality		80% ± 5%

\*STC: Irradiance 1000 W/m², cell temperature 25 °C, AM=1.5, Tolerance of Pmax is within +/- 3%.

Principali caratteristiche elettriche del modulo fotovoltaico

### 6.5 POWER SKIDS E CABINA DI RACCOLTA

Nella progettazione dell'impianto si è scelto di utilizzare dei **Power Skids (o Power Station) tipo SMA MVPS 4000 o similari** individuati in base alle potenze dei sei sottocampi che vanno a servire.

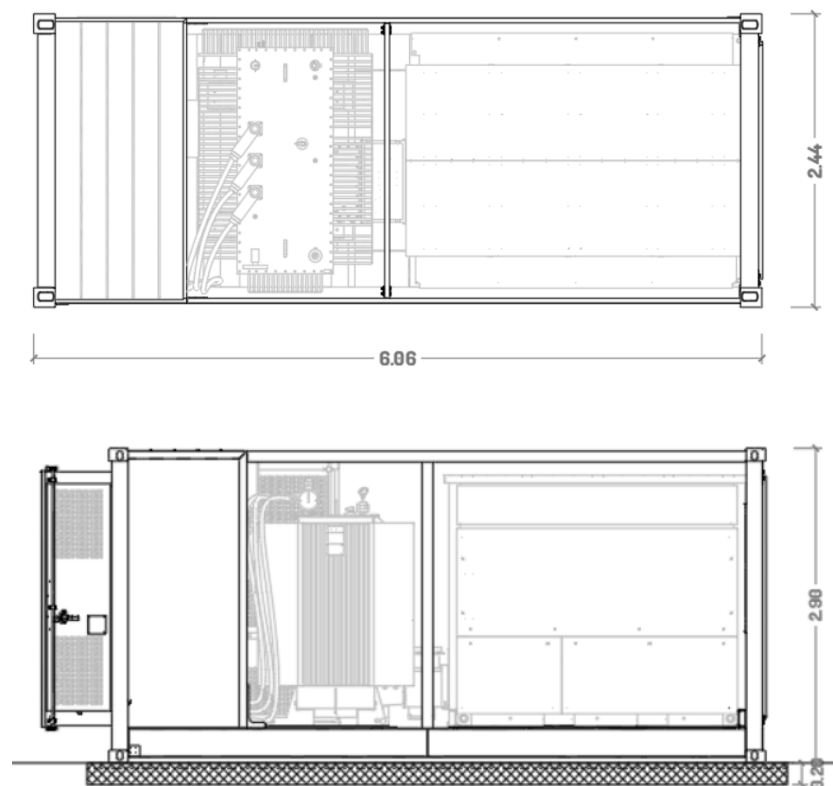
Il vantaggio degli Skid deriva dal fatto che vengono assemblati e collaudati prima del loro arrivo al sito di utilizzo. L'integrazione con l'impianto principale è quindi molto rapida, e ciò consente di minimizzare le interruzioni del ciclo produttivo.

Un elemento imprescindibile di ogni Skid è la piattaforma su cui viene montato. Oltre che fornire un supporto solido e specifico all'impianto, la piattaforma deve consentire un trasporto agevole e sicuro dello Skid dopo che è stato assemblato, e facilitarne l'accesso da parte degli addetti al



funzionamento. Per questi motivi, ogni piattaforma deve essere progettata e costruita specificatamente per ogni singolo impianto Skid.

Il modello considerato in questa fase della progettazione è SMA SC 4000 UP. Ogni singolo Power Skids è un elemento prefabbricato delle dimensioni di 6x2.9x2.4 metri che contiene al suo interno l'inverter, il trasformatore, il quadro MT e tutte le componenti del BoS (Balance of System) necessarie per la trasformazione e l'innalzamento della corrente continua, in una configurazione ready to use.



*Pianta e Sezione del Power Skid da 4000 kVA*



*Immagine del modulo SMA Powerstation*



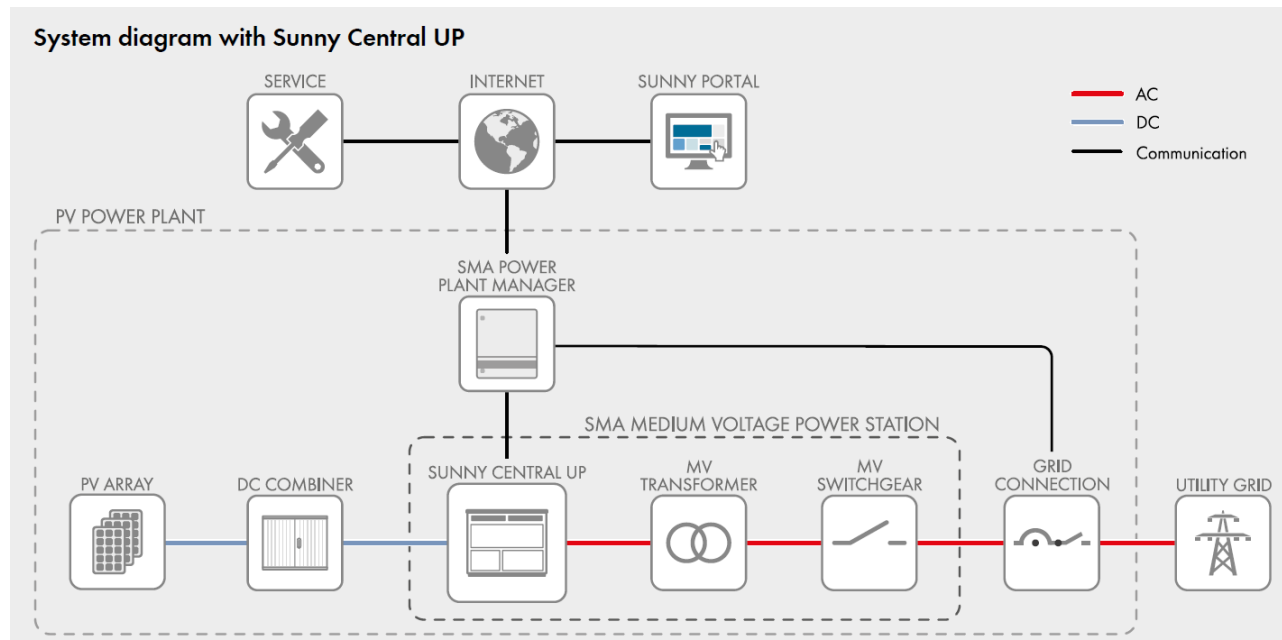
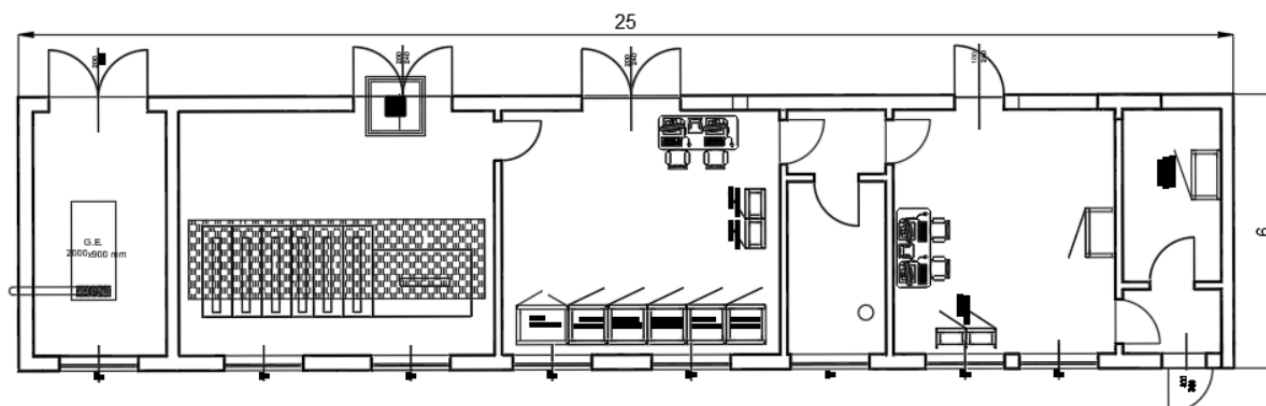


Diagramma elettrico dell'elemento SMA Powerstation

Ogni sottocampo sarà asservito da un Inverter SMA SC 4000 UP o similare, come da Schema Elettrico Unifilare consultabile nella sezione EG.4 LAYOUT DI IMPIANTO dell'elenco elaborati.

La **Cabina di Raccolta e monitoraggio** è anch'essa un elemento prefabbricato posta in prossimità dell'ingresso al campo agrivoltaico, questo piccolo edificio avrà il compito di raccogliere tutte le linee provenienti dai Power Skids tramite stalli arrivo linea e di convogliarle nel Cavidotto di vettoriamento tramite stallo partenza linea per la connessione alla rete. Al suo interno sono inoltre posizionati i quadri relativi alla fornitura di energia elettrica per i servizi ausiliari dell'impianto, necessari ad esempio alla movimentazione dei tracker, il trasformatore per i servizi ausiliari ed i sistemi di monitoraggio e controllo per la verifica dell'impatto sulle colture, risparmio idrico, produttività agricola e recupero della fertilità del suolo.



Cabina di raccolta dimensionamento di massima



### 6.5.1 GRUPPO DI CONVERSIONE CC/CA

La scelta dell'Inverter e della sua taglia va effettuata verificando che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici, risultino verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_m \min \geq V_{invMPPTmin}$$

$$V_m \max \leq V_{inv MPPT \max}$$

$$V_{oc \max} < V_{inv \max}$$

dove:

$V_m$  = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{inv MPPT \min}$  = tensione minima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza;

$V_{invMPPTmax}$  = tensione massima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza;

$V_{oc}$  = tensione a vuoto delle stringhe fotovoltaiche;

$V_{invmax}$  = tensione massima in corrente continua ammissibile ai morsetti dell'inverter;

In base alle caratteristiche elettriche determinate con il dimensionamento del sistema, sarà selezionato l'inverter centralizzato più adatto. Nello specifico, saranno utilizzati inverter centralizzati posizionati in modo baricentrico per raccogliere l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici.

- Da un punto di vista generale, si richiedono le seguenti caratteristiche:
- conformità alle normative europee di sicurezza;
- disponibilità di informazione di allarme e di misura sul display integrato;
- funzionamento automatico, quindi semplicità d'uso e di installazione;
- sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT integrata;
- elevato rendimento globale;
- massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete incorporato;
- forma d'onda di uscita perfettamente sinusoidale;
- possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati (interfaccia seriale RS485).

Gli inverter saranno certificati CE e muniti di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica e non saranno dotati di trasformatore di isolamento ca/ca in uscita.

Di seguito si riportano i dati degli inverter outdoor scelti di potenza 4000kVA.



Dati tecnici	Sunny Central 4000 UP	Sunny Central 4200 UP
<b>Lato CC</b>		
Range di tensione $V_{CC}$ (a 25 °C / a 50 °C)	da 880 a 1325 V / 1100 V	da 921 a 1325 V / 1050 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max. $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max. $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettrice con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per FV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm <sup>2</sup>	
Zone Monitoring integrato	o	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
<b>Lato CA</b>		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4000 kVA <sup>(1)</sup> / 3600 kVA	4200 kVA <sup>(1)</sup> / 3780 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A68) (a 35 °C/a 50 °C) <sup>(1)</sup>	3600 kW <sup>(2)</sup> / 3240 kW	3780 kW <sup>(2)</sup> / 3402 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3200 kW <sup>(2)</sup> / 2880 kW	3360 kW <sup>(2)</sup> / 3024 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	< 3 % alla potenza nominale
Tensione nominale CA / Range di tensione nominale CA <sup>(1)</sup>	600 V / 480 V a 720 V	630 V / 504 V a 756 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	> 2
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti <sup>(1)</sup>	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile <sup>(1)</sup> (1)	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
<b>Grado di rendimento europeo</b>		
Efficienza max <sup>(1)</sup> / efficienza efficienza <sup>(1)</sup> / efficienza CEC <sup>(1)</sup>	98,8 % / 98,6 % / 98,5 %	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %
<b>Dispositivi di protezione</b>		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carico CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore di potenza CA	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni, tipo I e II	
Protezione da sovratensioni CA (opzionale)	Scaricatore di sovratensioni, classe I e II	
Protezione antifulmine (secondo IEC 62305-1)	Classe di protezione antifulmine III	
Monitoraggio dispersione a terra / Monitoraggio dispersione a terra remoto	o / o	
Monitoraggio dell'isolamento	o	
Classe di protezione del sistema elettronico / canale d'aria / campo di collegamento (secondo IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
<b>Dati generali</b>		
Dimensioni (L / A / P)	2815 / 2318 / 1588 mm (110,8 / 91,3 / 62,5 pollici)	
Peso	< 3700 kg / < 8158 lb	
Autoconsumo (max. <sup>(1)</sup> / carico parziale <sup>(1)</sup> / medio <sup>(1)</sup> )	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Autoconsumo (stand-by)	< 370 W	
Alimentazione ausiliaria	Trasformatore integrato da 8,4 kVA	
Range di temperature di funzionamento (opzionale) <sup>(1)</sup>	(-40 °C) -25 a 60 °C / (-40 °F) -13 °F a 140 °F	
Rumorosità <sup>(1)</sup>	65,0 dB(A)	
Range di temperature (stand-by)	-40 °C a 60 °C / -40 °F a 140 °F	
Range di temperature (in magazzino)	-40 °C a 70 °C / -40 °F a 158 °F	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (condensante / non condensante)	95% a 100% (2 mesi/anno) / 0% a 95%	
Altitudine operativa massima s.l.m. <sup>(1)</sup> 1000 m / 2000 m <sup>(1)</sup> / 3000 m <sup>(1)</sup>	● / o / o	
Fabbisogno d'aria fresca	6500 m <sup>3</sup> /h	
<b>Dotazione</b>		
Collegamento CC	Capocorda a ogni ingresso (senza fusibile)	
Collegamento CA	sistema di sbarre (3 sbarre collettrici, una per ciascuna fase)	
Comunicazione	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Farbe involucro / Dach	RAL 9016 / RAL 7004	
Approvvigionamento per utilizzatori esterni	o (2,5 kVA)	
rispetta le norme e direttive	AR-N 4110, AR-N 4120 <sup>(1)</sup> , Arrêté du 23/04/08, CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, IEEE1547, UL 840 Cat. IV	
Norme CEM	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Rispetta direttive e standard di qualità	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Dotazione di serie o Opzionale - Non disponibile		
Denominazione del tipo	SC 4000 UP	SC 4200 UP

#### Dati tecnici Inverter Sunny Central 4000 - UP

I valori minimi e massimi della tensione di uscita del generatore fotovoltaico nelle condizioni operative limite previste (-5° C / 70° C) sono compatibili con il range di funzionamento dell'inverter che assicura l'inseguimento della massima potenza. Analogamente, la corrente massima di parallelo delle stringhe è inferiore alla corrente massima tollerata in ingresso dall'inverter.

Per elevare la tensione all'uscita degli inverter da 600 V a 30.000 V, si prevede l'utilizzo di trasformatori da 4000 kVA in olio ermetico di seguito descritti nel dettaglio:

Grandezza	Valore
Potenza	4000 kVA
Frequenza	50 Hz
Tensione Primaria	30 kV
Tensione di ingresso max	600 V
Vcc%	6%



Regolazione, lato MT	$\pm 2 \times 2,5\%$
Gruppo Vettoriale	Dyn11
Raffreddamento	Olio

## 6.6 SISTEMA DI ACCUMULO ENERGIA ESS

Si prevede l'integrazione di un sistema di accumulo elettrico (BESS – Battery Energy Storage System) all'interno dell'impianto fotovoltaico per stabilizzare l'immissione di energia in Rete nonostante le fluttuazioni della risorsa primaria e i necessari servizi di manutenzione. Inoltre, un sistema di accumulo di energia fornisce capacità di stoccaggio con dispacciabilità controllata, in cui l'energia immagazzinata viene rilasciata quando i prezzi sul mercato spot raggiungono una certa soglia.

**L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sarà accumulata nelle ore di picco ed immessa nella RTN durante le ore di bassa produzione. Non si prevede accumulo di energia prelevata dalla rete. La potenza del sistema di accumulo elettrochimico non andrà ad incidere sulla potenza totale in immissione atteso che questo funzionerà quando l'impianto fotovoltaico immetterà in Rete una potenza inferiore a quella nominale.**

La tecnologia più promettente, per le applicazioni di accumulo distribuito di taglia medio-grande, è quella delle batterie agli ioni di litio che presenta una vita attesa molto lunga (fino a 5000 cicli di carica/ scarica a DOD 80%), un rendimento energetico significativamente alto (generalmente superiore al 90%) con elevata energia specifica. Esse sono adatte ad applicazioni di potenza, sia tradizionali, sia quelle a supporto del sistema elettrico. Le caratteristiche delle batterie litio-ioni in termini di prestazioni relative alla potenza specifica, energia specifica, efficienza e durata, rendono queste tecnologie di accumulo particolarmente interessanti per le applicazioni "in potenza" e per il settore dell'automotive.

Nel caso specifico saranno utilizzati accumulatori a ioni di litio (LFP: litio-ferro-fosfatato) che permettono di ottenere elevate potenze specifiche in rapporto alla capacità nominale.

Le batterie sono alloggiare all'interno di container e sono raggruppate in stringhe. Le stringhe vengono messe in parallelo e accoppiate ad un DC – DC converter.

Le batterie sono di tipo ermetico e sono in grado di resistere, ad involucro integro, a sollecitazioni termiche elevate ed alla fiamma diretta. Esse non costituiscono aggravio al carico di incendio.

Le celle sono collegate in serie (16 oppure 18) per raggiungere la tensione massima in corrente continua al DC -DC converter e parallelati per raggiungere la potenza e la capacità di progetto (potenza di 500 kW per la tipologia di DC – DC converter utilizzato visibile nel datasheet e capacità di 2 MWh per Container).

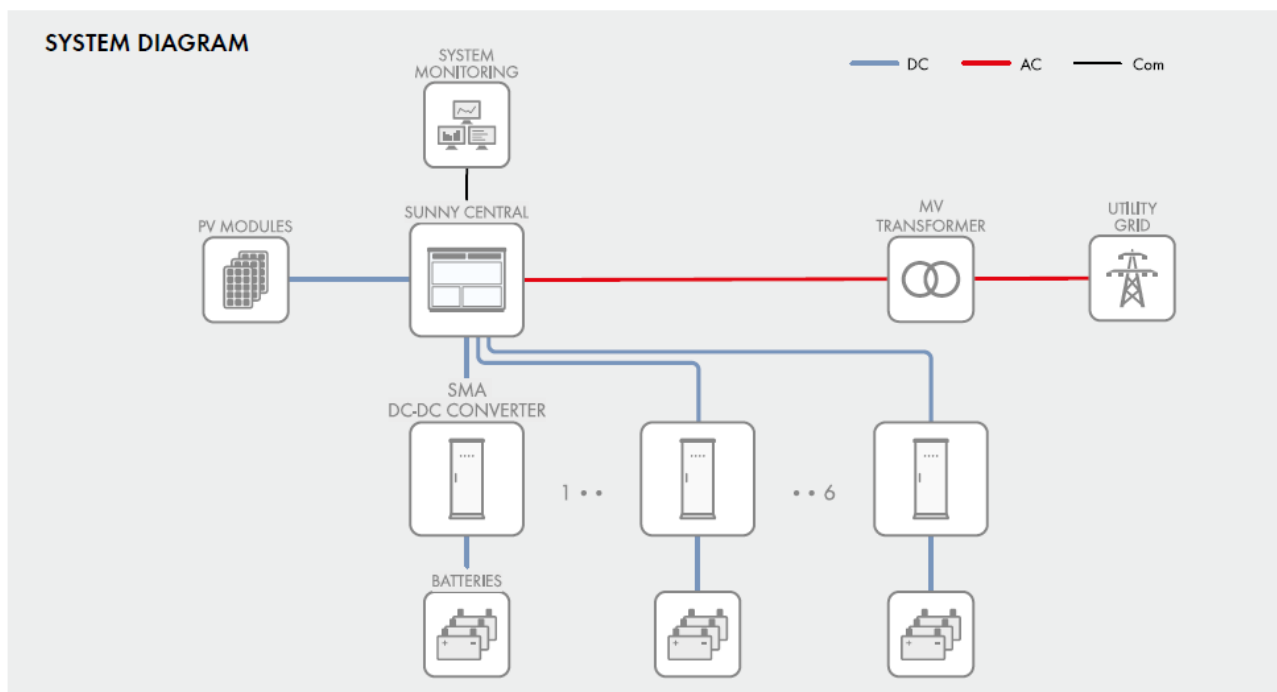
### 6.6.1 IL DC–DC CONVERTER

Il DC-DC Converter, oltre alle batterie di accumulo elettrochimico, è un componente fondamentale per il sistema di accumulo, esso fa da "ponte" tra gli accumulatori e gli inverter, permettendo il collegamento diretto di questi ultimi con i container batterie. Questo collegamento permette di risparmiare sulla scelta degli inverter bidirezionali DC/AC ed evita l'utilizzo di ulteriori trasformatori per il trasferimento di energia dal BESS alla rete e viceversa.



Il DC-DC Converter serve per controllare e gestire i flussi bidirezionali di energia permettendo alle batterie di caricarsi o scaricarsi secondo le diverse esigenze, attraverso le conversioni DC/DC interfacciandosi continuamente con gli ingressi CC dell'Inverter.

Ogni inverter di sottocampo nel caso specifico si collegherà a 2 DC-DC Converter, dove per ognuno, un lato CC sarà collegato alle batterie e l'altra parte in DC sarà collegata agli ingressi CC riservati alla connessione delle batterie (l'Inverter Sunny Central SC 4000 UP ha la possibilità effettuare al più sei collegamenti DC per l'accoppiamento con le batterie).



Technical Data	SMA DC-DC CONVERTER without installed Metering Kit	SMA DC-DC CONVERTER with installed Metering Kit
<b>Electrical Data</b>		
Max. continuous power (at 30 °C)	500 kW at 1000 VDC 600 kW at 1200 VDC to 1500 VDC	
Battery input voltage range	550 V to 1500 V	
PV input voltage range	550 V to 1500 V	
Max. continuous current (at 30 °C)	+/- 500 A	
Supply voltage	120 V, 1-ph, 60 Hz, 600 VA 230 V, 1-ph, 50 Hz, 600 VA 277 V, 1-ph, 60 Hz, 600 VA	
Accuracy on power and energy measurements	<1.5 %	<0.5 %
Battery technology	compatible with all common battery technologies	
<b>Efficiency</b>		
Average efficiency	98.2 %	
<b>Protective devices</b>		
Battery-side disconnection point	Circuit breaker in the battery system and/or internal converter fusing	
PV-side disconnection point	Fusing inside the Sunny Central	
Ground-fault monitoring and insulation monitoring	Use of monitoring in the Sunny Central	
Overvoltage protection for auxiliary supply	●	
<b>General Data</b>		
Dimensions (W / H / D)	960.1 / 2029.5 / 983.0 mm (37.8 / 79.9 / 38.7 in)	
Weight	653 kg (1440 lb)	
Operating temperature	-25 °C to 55 °C (-13 °F to 131 °F)	
Storage temperature	-40 °C to 70 °C (-40 °F to 158 °F)	
Noise emission (sound pressure level at a distance of 10 m)	< 65 db(A)	
Cooling method	Forced air-cooling	
Degree of protection of enclosure	IP54 / UL Type 3R	
Application in unprotected outdoor environments	●	
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	95%	
Maximum operating altitude above MSL 1000 m / 2000 m / 3000 m	● / ○ / ○ (earlier temperature-dependent de-rating)	
Fresh air consumption	2720 m³/h (96000 ft³/h)	





Equipment	Bottom	
Cable entry	Modbus TCP / IP	
Communication / protocols	Real-time monitoring with automated alerts and data storage	
System monitoring	On the front for operating mode, alert and error state	
Status lights	-	•
Factory-installed DC meter (Metering Kit) with high accuracy (0.2%)	• / ○ / ○	
Warranty: 5 / 10 / 15 years	CE Label, CISPR 11:2015+A1:2016, CSA 22.2 #107, EN 62109-1, FCC Part 15 Class A, ICC-ES-AS156, IEC 61000-6-2, IEC 62109-1, IEEE 693, UL 1741, UL 62109-1	
Certificates and approvals	DPS-500 without installed Metering Kit 205607-00.01	DPS-500 with installed Metering Kit 205606-00.01
Type designation and material number		

*Dati Accumulo DC -DC Converter*

## 6.6.2 DISPOSIZIONE BESS

L'impianto di accumulo sarà costituito da 12 Container Batteria ognuno di capacità pari a 2 MWh e 12 DC -DC Converter di potenza pari a 500 kW disposti ed assemblati nei 6 sottocampi per dare una potenza complessiva pari a 6 MW.

In particolare, si realizzeranno delle piazzole aventi potenza totale di 1 MW composte da 2 DC – DC Converter collegati a 2 Container batteria per ogni sottocampo. Ogni DC – DC Converter sarà collegato all'ingresso CC batterie dell'Inverter posizionato all'interno del sottocampo di appartenenza.

## 6.7 STRUTTURE DI SUPPORTO A INSEGUIMENTO BIASSIALE

L'impianto in esame è stato concepito utilizzando strutture di supporto dotate di inseguitori solari biassiali ovvero ampi pannelli montati su supporti metallici infissi nel terreno, senza necessità di alcun basamento con plinti di cemento, posti in filari paralleli e distribuiti nell'ambito di una determinata superficie. I pannelli, opportunamente comandati tramite specifici software, ruotano progressivamente su due assi ortogonali seguendo istantaneamente la posizione del sole onde assorbire la massima quantità di energia.

L'altezza da terra, pari a circa 5 m al mozzo degli inseguitori biassiali, consente il passaggio di qualsiasi tipologia di mezzo agricolo, l'interdistanza di 16 metri a cui sono posti i filari determina una interferenza trascurabile rispetto a qualsiasi attività agricola che si intende svolgere. Nel caso specifico in esame l'utilizzo di tali strutture è certamente la soluzione che garantisce la massima integrazione tra impianto e attività agricole: le colture estensive che si svolgeranno nei terreni in questione, infatti, richiedono l'utilizzo di macchine agricole di grandi dimensioni, situazione non certamente compatibile con l'utilizzo di normali tracker monoassiali. Questi ultimi, infatti, oltre a non essere normalmente installati su strutture di altezza così elevata, devono essere necessariamente disposti in direzione nord-sud per massimizzare la produzione, mentre il sistema di inseguitori biassiali adottato consente una installazione libera nel campo agricolo, rispettando l'attuale sistema di coltivazione.

Uno dei principali produttori che ha immesso sul mercato strutture di questo tipo è l'azienda REM Tec, che ha sviluppato e brevettato una serie di soluzioni innovative per combinare energia e agricoltura.





L'azienda	I nostri obiettivi
 Fondata nel 2015, e basata su una tecnologia sviluppata nel 2009	 Produzione elettrica sospenibile e carbon-free per supportare la transizione energetica della società <b>1</b>
 Realizziamo impianti agrivoltaici dal 2011, con oltre 10 anni di esperienza nella coltivazione al di sotto degli impianti, su circa 45 ettari di terreno	 Conservazione della realtà agricola e del terreno per la produzione di cibo <b>2</b>
 Tecnologia sviluppata in 4 Stati differenti su diverse culture in diverse zone climatiche	 Integrazione tra produzione elettrica e agricola, creando una situazione favorevole per tutti i soggetti coinvolti <b>3</b>
 Costante innovazione che ha portato a 10 brevetti ed il marchio	
	

### Vantaggi dei sistemi Rem Tec

Nel dimensionamento dell'impianto sono state utilizzate le caratteristiche di base fornite da REM TEC in base agli accordi commerciali e tecnici stabiliti. Sul punto si precisa che nella fase di progettazione esecutiva saranno definite nel dettaglio le strutture di supporto, analizzando tutte le soluzioni disponibili in quel momento sul mercato aderenti a quella rappresentata nel presente progetto definitivo.

La tecnologia selezionata per l'impianto agrivoltaico di Acquarica Masseria Baroni fa riferimento al tracker 3D T2.1, l'immagine seguente ne descrive le principali caratteristiche e i vantaggi.

**Focus tecnologia Tracker 2.1:** la seconda generazione di tracker Agrovoltaico® comprende tracker mono - o biassiali progettato per creare un'ombra dinamica e controllata sul terreno

AGROVOLTAICO® T2.1 Illustrazione	AGROVOLTAICO® T2.1 Specifiche tecniche
<p>Agrovoltaico® T2.1 è un sistema di inseguimento ad asse singolo o doppio, studiato per essere utilizzato nei seguenti casi d'uso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grandi colture/superfici</li> <li>■ Gestione delle ombre precisa e dinamica, che consente una crescita e una resa delle piante ottimizzate</li> <li>■ Occupazione di suolo minima rispetto ad altre tecnologie concorrenti in campo agrivoltaico</li> <li>■ È possibile l'uso di macchine e attrezzature agricole con campata fino a 18 m</li> <li>■ Alta efficienza (fino al 45% di energia in più rispetto a un impianto fisso)</li> <li>■ Alta disponibilità e bassi costi di O&amp;M</li> <li>■ Struttura ad alta resistenza al vento e ai terremoti</li> </ul>  	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Altezza:</b> 4.5 m o più, per permettere il passaggio dei macchinari agricoli.</li> <li>■ <b>Struttura di supporto:</b> 2 pali verticali distanziati 14 m</li> <li>■ <b>Rotazione:</b> profilo orizzontale in acciaio, in grado di ruotare sul proprio asse lungo 14 m (tracker)</li> <li>■ <b>Profili:</b> 4 profili secondari montati perpendicolari all'asse orizzontale, in grado di ruotare sul proprio asse;</li> <li>■ <b>Moduli FV:</b> 24 moduli fotovoltaici 78/132/144/156 celle bifacciali installati per ogni tracker corrispondenti ad una potenza variabile fra 13 e 17 kWp per tracker a seconda della potenza dei moduli;</li> <li>■ <b>Distanza fra le file:</b> 12 - 18 m</li> <li>■ <b>Ombreggiamento:</b> ombra dinamica e controllata per ridurre lo stress idrico della piantagione sottostante</li> <li>■ <b>Topografia del terreno:</b> ideale per terreni pianeggianti con pendenza massima del 3%</li> </ul>



### Tracker T2.1 caratteristiche principali

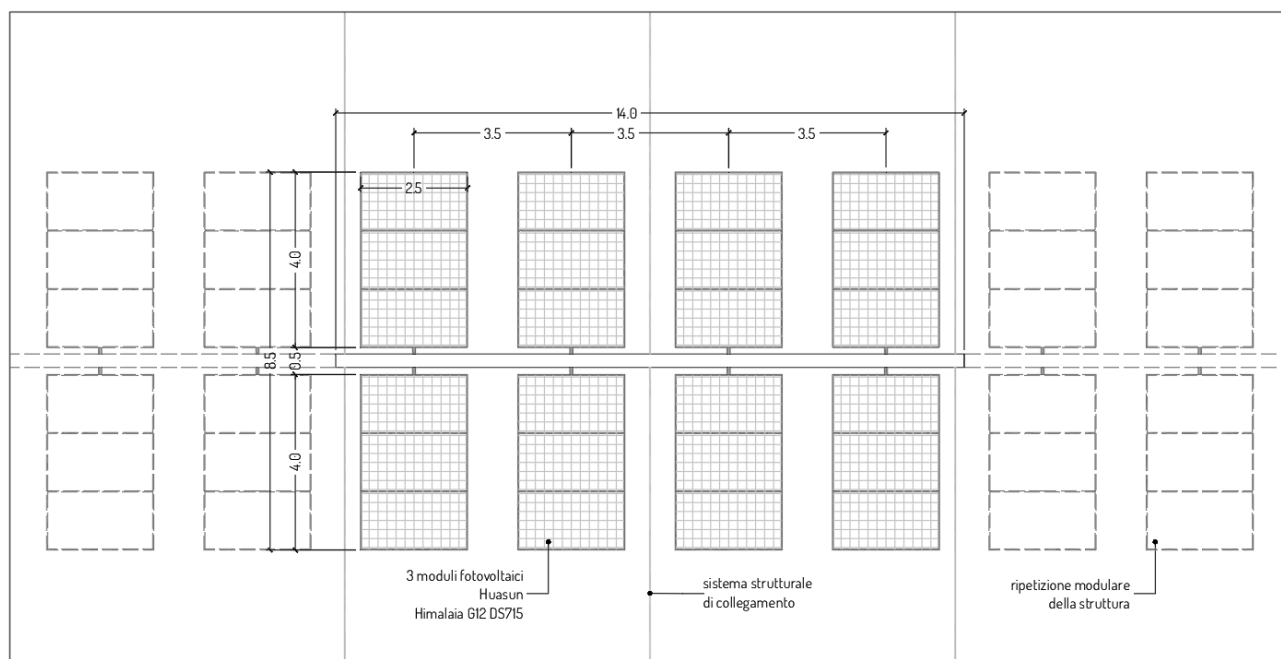
Il modulo base della struttura a inseguimento è un elemento in acciaio zincato a caldo della lunghezza di 14 metri sul quale saranno installati 24 moduli bifacciali corrispondenti alla stringa base del BOS.

Ogni elemento è dotato di motori elettrici che ne consentono la rotazione lungo l'asse primario e secondario, il tracker è fissato al suolo tramite fondazioni a vite o a palo infisso a seconda delle caratteristiche del terreno, i singoli tracker verranno sistemati lungo filari e legati tra loro tramite una tensostruttura a tendone, con tiranti infissi. Questo sistema consente un distanziamento tra le file di tracker compreso tra i 12 e i 18 metri.

Nell'ambito dello sviluppo del progetto si è svolta una ottimizzazione dell'interdistanza tra le file basata su una stima modellistica degli ombreggiamenti sulle colture sottostanti per massimizzare i livelli di produzione agricola, in base ai risultati della ottimizzazione si è scelta una distanza massima tra le file di supporti verticali pari a 16 metri in tutto l'impianto. In base alle caratteristiche dei mezzi agricoli da utilizzare si è inoltre individuata l'altezza al mozzo delle strutture dell'impianto agrivoltaico Acquarica Masseria Baroni, che sarà pari a 5 metri.

Si rimanda agli elaborati specialistici e allo Studio di Impatto Ambientale per i dettagli sugli studi agronomici e modellistici condotti.

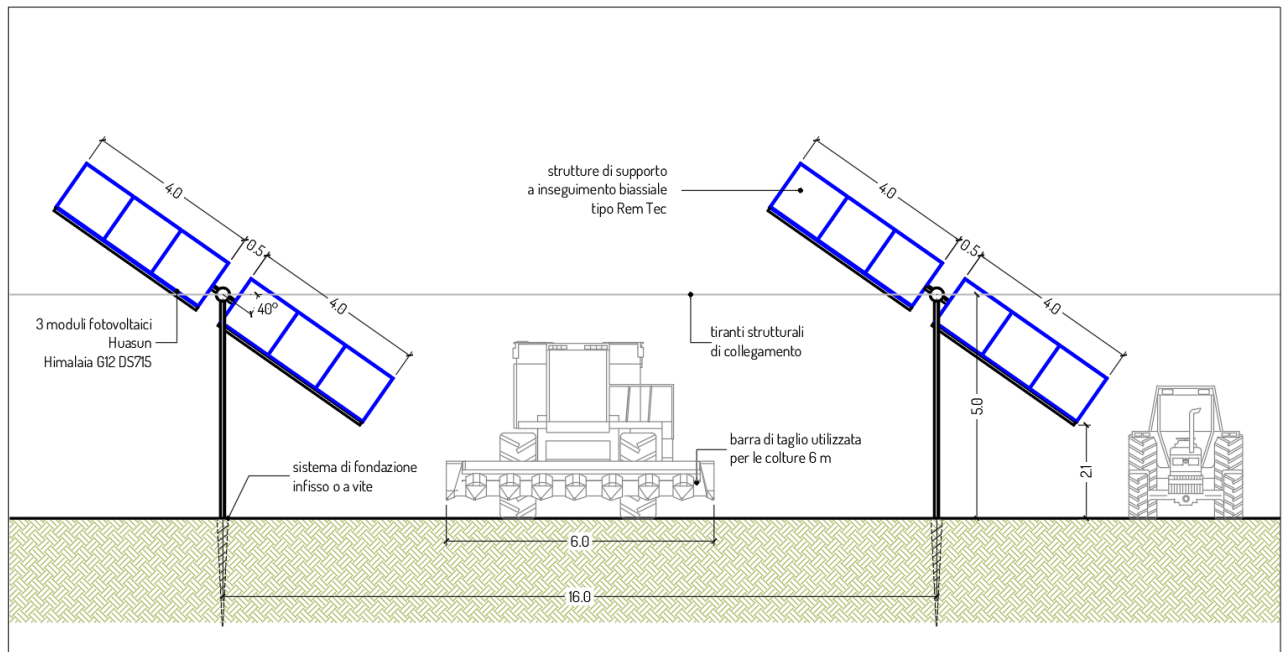
La scelta di questa struttura particolarmente vantaggiosa e tecnologica è favorita anche dall'orografia del suolo, pressoché pianeggiante e con pendenze mai superiori all'1%.



Tipico delle strutture di inseguimento bifacciale pianta scala 1:100

### La struttura a inseguimento dimensioni





Sezione trasversale tipica

## 6.8 QUADRI ELETTRICI

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico necessita di una serie di quadri per il collegamento elettrico dei componenti sia nella sezione in corrente continua che in quella in alternata (bassa tensione e media tensione). L'installazione sarà predisposta con tutti gli elementi di protezione elettrica previsti dalla normativa vigente sia contro i contatti diretti (interruttori) che contro quelli indiretti (differenziali).

Tutti i quadri elettrici installati in interno avranno un grado di protezione almeno IP41. Quelli in esterno avranno tutti grado di protezione IP65.

### Quadri elettrici di sezionamento linee CC e parallelo stringhe

I quadri di sezionamento e parallelo hanno la funzione di:

- Sezionamento delle stringhe del generatore fotovoltaico in ingresso;
- Eseguire il parallelo stringhe per la raccolta vicino ai pannelli prima di collegarli all'inverter centralizzato.

I quadri sono previsti realizzati in PVC e fissati alle strutture di sostegno tramite staffe in modo che il quadro si trovi ad altezza idonea per interventi di manutenzione senza attrezzature aggiuntive.

### Quadro servizi ausiliari di Skid

Il quadro generale servizi ausiliari ha la funzione di alimentare e proteggere le utenze del sottocampo.

Il quadro è previsto realizzato in PVC per esterno

### Scomparti in media tensione

Gli scomparti di media tensione a 30 kV saranno del tipo *8DJH36 RMU* per esterno montati sullo Skid direttamente in fabbrica. Saranno composti da un parallelo sbarre con due partenze linee, per effettuare l'entra-esce con gli altri Skid, e uno scomparto protezione Trasformatore MT/BT.

### Caratteristiche Scomparti MT



Lo scomparto avrà un involucro realizzato in acciaio inossidabile resistente alla corrosione. Le pareti dei recipienti e le boccole per i collegamenti elettrici e i meccanismi di manovra vengono unite mediante moderne procedure di saldatura, formando così un sistema di pressione sigillato. I dispositivi di manovra e le sbarre posizionate nel contenitore del quadro sono protetti da influssi esterni quali umidità, inquinamento, polvere, gas aggressivi e piccoli animali. Il quadro adatto anche per applicazioni in climi estremi o in condizioni ambientali aggressive.

Ogni singolo pannello ha il proprio contenitore del quadro. Nei blocchi di pannelli, i dispositivi di commutazione di più pannelli condividono un contenitore del quadro.

Lo scomparto viene riempito in fabbrica con esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>). Questo gas è atossico, chimicamente inerte e presenta un'elevata rigidità dielettrica. Non sono necessari lavori a gas in loco. Anche durante il funzionamento non è necessario controllare lo stato del gas o ricaricare.

Per monitorare la densità del gas, ogni Scomparto del quadro è dotata di un indicatore di pronto per il servizio sul fronte operativo. Si tratta di un indicatore meccanico rosso / verde, autocontrollato e indipendente dalla temperatura e dalle variazioni della pressione dell'aria ambiente.

#### Sistema sbarre

La sbarra è tripolare racchiusa nell'involucro del quadro. Per i singoli pannelli e opzionalmente anche per i blocchi di pannelli, può essere interconnessa lateralmente con le sbarre dei pannelli adiacenti mediante giunti isolati in modo da realizzare un sistema di sbarre continuo. Non sono necessarie opere a gas per il montaggio o per eventuali successivi ampliamenti del quadro.

#### Vano cavi

Per tutti i collegamenti principali, cavo-trasformatore-interruttore, i cavi sono collegati tramite passanti in resina colata che conducono al contenitore del quadro. Le boccole sono progettate come sistema a cono esterno secondo DIN EN 50181.

Il vano cavi è accessibile dal fronte. Un interblocco meccanico assicura che il coperchio del vano

I passanti nelle partenze, cavo-interruttore corrispondono all'interfaccia tipo C (DIN EN 50181). Sono adatti per il collegamento di cavi con connettori maschio isolati in corrispondenza del contatto bullonato M16. Il test del cavo può essere eseguito direttamente sulla terminazione se vengono utilizzati connettori a T per cavi adeguati. È quindi possibile omettere una presa di prova separata.

Nella versione standard le partenze del trasformatore sono dotate di passanti di interfaccia tipo C con contatto bullonato. Opzionalmente sono disponibili anche boccole del tipo di interfaccia B.

### **6.9 CAVI E TUBAZIONI**

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento delle condutture è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale.

Le sezioni dei cablaggi sono state calcolate in modo che rispettino le cadute di tensione massime indicate nella seguente tabella, incluse le possibili perdite per terminali intermedi e i limiti di riscaldamento raccomandati dal produttore dei conduttori.

Zona	Caduta di tensione massima riferita alla tensione nominale continua del sistema (%)
------	---





Sezione CC	<1,5
Sezione CA	<1,5

La posa sarà viceversa realizzata come segue:

#### Sezione in corrente continua

**Cablaggio interno del generatore fotovoltaico:** cavi in posa libera fissata alle strutture di sostegno protette dalla sagoma della carpenteria, fascette anti-UV e equipaggiate ai terminali di stringa con connettori IP65 (**cavo tipo TECSUN PV1-F 6 mm<sup>2</sup>**);

**Cablaggio generatore fotovoltaico - quadri di parallelo e sezionamento stringhe:** cavi in posa libera fissata alle strutture di sostegno protette dalla sagoma della carpenteria, o in posa intubata in PVC corrugato (**cavo tipo TECSUN PV1-F 6 mm<sup>2</sup>**);

**Cablaggio quadri di sezionamento stringhe - Inverter:** cavi in posa intubata in PVC corrugato (**cavo tipo H1Z2Z2-K 2x(1x240) mm<sup>2</sup>**).

#### Sezione in corrente alternata

La sezione in corrente alternata AC tra inverter, trasformatore e quadri BT e MT sarà realizzata in fabbrica sui Power Skid con la seguente tipologia:

**Cablaggio inverter - Trasformatore:** cavi in posa libera entro vasca in aria (**cavo tipo FG16R** con composizione e sezioni come da Schema Unifilare);

**Cablaggio Trasformatore Quadro Media Tensione:** cavi in posa libera nella parte inferiore dello Power Skid (**cavo tipo ARE4H5EX** con composizione e sezioni come da Schema Unifilare);

Per quanto riguarda la sezione in corrente alternata AC esercita in media tensione costituita dai cavidotti interrati necessari per l'interconnessione tra le Power Station e la cabina di raccolta oltre che dall'elettrodotto di vettoriamento si rinvia al successivo capitolo.

### **6.10 SISTEMA DI TERRA (MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI)**

Il sistema di distribuzione della sezione in corrente continua sarà del tipo IT (flottante senza punti a terra) con protezione da primo guasto con relè di isolamento elettrico, mentre la distribuzione in alternata sarà del tipo TN-S.

La rete principale di terra è composta da 2 reti di terra collegate tra loro:

- Rete di terra del generatore fotovoltaico costituita da varie sbarre di rame unite da cavi nudi di rame di 35 mm<sup>2</sup> di sezione ai quali di collega la struttura metallica e le cassette di parallelo;
- Rete di terra dei Power Skid (inverter e centro di trasformazione) costituita da anelli di terra situati sotto ciascuna platea, ognuno formato da sbarre di rame unite da un cavo nudo di 50 mm<sup>2</sup> di sezione.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dalla scelta di moduli fotovoltaici in classe II certificata (senza messa a terra della cornice), dai cablaggi con cavi in doppio isolamento (isolamento delle parti attive) e dall'utilizzo di involucri e barriere secondo la normativa vigente.

### **6.11 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI**

Il sistema di monitoraggio consisterà in un hardware ed un software in grado di monitorare e registrare le variabili fisiche ed elettriche principali durante l'esercizio dell'impianto e di inviare i dati



dall'impianto ad un server web da cui sono gestiti e memorizzati. Tutte le informazioni di operazione potranno essere consultate sia nei valori istantanei che negli storici valutando l'evoluzione delle variabili (giorno, mese, anno, ecc.). Il sistema sarà corredato di tutti gli allarmi necessari alla visibilità totale dell'impianto ai tecnici preposti alla sorveglianza, per un intervento manutentivo in caso di anomalia di funzionamento in tempi molto veloci, spesso ancor prima che si verifichi un guasto.

Attraverso un sistema di gestione locale e remoto, è possibile conoscere e gestire in tempo reale, dalla Centrale di Controllo, l'andamento delle:

- Variabili ambientali (temperatura, intensità del vento);
- Variabili di funzionamento (potenza erogata, energia prodotta, tensioni, correnti, temperatura dei moduli ecc.).

Il sistema permette la consultazione in tempo reale (tramite una password) e da qualsiasi luogo, mediante l'accesso web attraverso un normale PC.

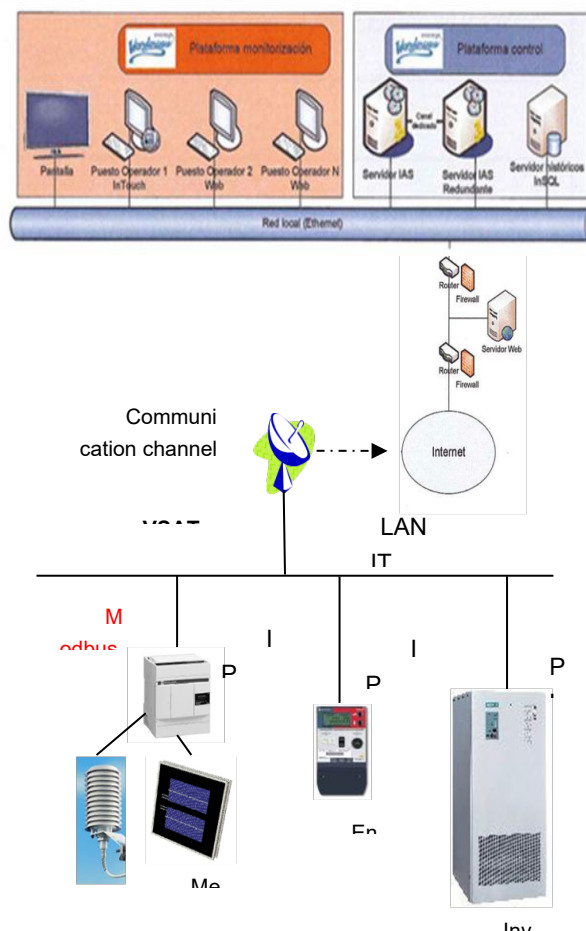
Il sistema di monitoraggio sarà composto dai seguenti componenti principali:

- Stazione di supervisione remota che consentirà di:
  - o Evidenziare eventuali allarmi dalla stazione locale collegata;
  - o Monitorare e comandare la stazione locale, collegata tramite linea dedicata;
  - o Elaborazione dei dati di esercizio e report di prestazione annuale.
- Accesso Web del Cliente per le stesse operazioni di cui al punto precedente

Le pagine video del software operativo generate sulle stazioni (locale e remota) riporteranno:

- Layout disposizione moduli ed apparecchiature del campo fotovoltaico;
- Stato dei dispositivi di comando e protezione;
- Stato e dati di produzione dei singoli gruppi di conversione;
- Dati di produzione istantanea del generatore fotovoltaico;
- Macro trend di produzione (giornaliera, mensile);
- Allarmi o anomalie di funzionamento;
- Storico degli allarmi.





## 6.12 SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA

Gli elementi che compongono il sistema di videosorveglianza proposto saranno i seguenti:

- Sottosistema di controllo antintrusione: protezione perimetrale con barriera ad infrarossi;
- Sottosistema di controllo a circuito chiuso televisivo;
- Sottosistema di comunicazione.

La protezione del sistema di videosorveglianza consisterà nell'installazione di un sistema antintrusione di tipo perimetrale con barriera a raggi infrarossi combinato con telecamere sorvegliate reciprocamente a circuito chiuso in modo da verificare visivamente lo stato della barriera ad infrarossi.

Il sistema antintrusione permetterà la gestione degli allarmi e la attivazione dei dispositivi sia localmente che da remoto.

I dissuasori addizionali saranno sonori con sirene ad alta potenza dotate di lampade a luce flash.

## 6.13 SISTEMI ANTINCENDIO

Sono previsti sistemi ad estintore su ogni Power Skid presente e alcuni estintori aggiuntivi per eventuali focolai lontani dagli Skid (sterpaglia, erba secca, ecc.).

## 6.14 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione dovrà essere dimensionato per coprire l'intera area interna alla recinzione di ogni sottocampo.



L'impianto di illuminazione notturna sarà realizzato con piccole strutture di sostegno con corpi illuminanti a bassa intensità e rivolti verso il basso, con il divieto di realizzare grandi strutture e interferenze visive in genere.

Al fine di contenere l'inquinamento luminoso, sarà necessario che l'impianto di illuminazione sia dotato di un sistema di accensione da attivarsi solo in caso di allarme intrusione.





## 7. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO DEL GENERATORE E DEI CAVIDOTTI MT

### 7.1 MODALITÀ DI CALCOLO

Partendo dalla modellazione del sistema con i parametri dei generatori, dei trasformatori, si introducono i parametri dei cavi e si risolve il problema del load flow con il metodo di Newton – Raphson utilizzando un software proprietario e si verifica se sono rispettati i vincoli imposti sulla portata, caduta di tensione, perdite di potenze, etc.

Il processo è iterativo, nel senso che se uno dei vincoli non è rispettato si migliora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà ripetuta fino a quando tutti i vincoli saranno rispettati.

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve il problema del corto circuito con la norma IEC 60909/2001 equivalente alla norma CEI 11-25, sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti).

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per 0,5 secondi. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si migliora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

### 7.2 CALCOLO DELLA PORTATA

Una delle principali caratteristiche funzionali dei cavi interrati è la portata nominale al limite termico  $I_n$ , intesa come la massima intensità di corrente che può circolare in un conduttore, in condizioni di servizio, senza che la temperatura sia superiore a quella massima ammissibile  $\theta_{max}$  dell'isolante. Ovviamente questo valore di temperatura varierà a seconda delle caratteristiche dielettriche dell'isolante impiegato e, di conseguenza, la corrente che può circolare nel conduttore dipende fortemente dal tipo di isolante adoperato che, come precedentemente osservato, è la parte più sensibile alle sollecitazioni elettriche e termiche.

Considerando che il cavo è isolato in XLPE (polietilene reticolato), oppure in E4 o in P1 la temperatura massima ammissibile per l'isolante vale:

$$\theta_{max}=90^{\circ}(\text{caso peggiorativo})$$

Un altro parametro termico da tener presente è la temperatura dell'ambiente di posa del cavo, che varia a seconda delle sue condizioni di posa e, per ciascuna di esse, tiene conto della situazione ambientale più sfavorevole allo smaltimento del calore. In particolare, si è scelto:

$$\theta_{amb}=20^{\circ} \text{ (come previsto dalla CEI 20-21 per l'Italia)}$$

quale temperatura del terreno di posa.

Si definisce salto termico totale  $\Delta\theta_{tot}$  la quantità (funzione della portata  $I_n$ ):

$$\Delta\theta_{tot}=\theta_{max} - \theta_{amb}=f(I)$$

Il salto termico totale è un limite di temperatura che non deve essere superato. Infatti, la trasmissione di elevati valori di energia elettrica comporta notevoli difficoltà legate, oltre che al tipo di isolante e alle dimensioni del cavo, anche al modo in cui il calore viene smaltito all'esterno. Inoltre,



la vita dell'isolante, intesa come l'intervallo di tempo durante il quale il cavo può esercitare le funzioni per le quali è stato realizzato, cala bruscamente se il salto termico totale viene superato.

Assegnato  $\Delta\theta_{tot}$ , lo scopo del progetto termico è quello di determinare la portata massima ammissibile  $I_n$  del cavo. Per determinare la portata  $I_n$  occorre valutare l'intera potenza che si dissipa all'interno del cavo (ovvero la potenza termica che si genera al suo interno per effetto dei diversi fenomeni di perdita che hanno sede nei vari strati). Nota la potenza termica, sarà possibile valutare i salti di temperatura  $\Delta\theta$  relativi a ogni strato di cui è composto il cavo. A ciascun elemento del cavo, infatti, compete un diverso salto di temperatura, oltre che una diversa potenza dissipata, e la somma di questi  $\Delta\theta$  non dovrà superare  $\Delta\theta_{tot}$ .

Il progetto termico viene effettuato facendo riferimento alla norma tecnica Norma CEI 20-21, in modo tale da determinare la portata in regime permanente in funzione della temperatura ambiente e modalità di posa. Le elaborazioni di calcolo ed i risultati sono ottenuti, come riportato dalle tabelle sotto riportate, utilizzando la procedura indicata dalla norma:

$$I = [\Delta\theta_{tot} - W_d(0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4))] / (RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4))^{1/2}$$

dove:

- $W_d = \omega C U_2 \tan\delta$  (perdite dell'isolante per unità di lunghezza)
- $C = \epsilon / 18 \ln(D_i/d_c)$  (capacità dell'isolante per unità di lunghezza)
- $R = R'(1 + Y_s + Y_p)$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente alternata del conduttore)
- $R' = R_0[1 + \alpha_{20}(\theta - 20)]$  [ $\Omega/m$ ] (resistenza in corrente continua)
- $Y_s$  (fattore dell'effetto pelle)
- $Y_p$  (fattore dell'effetto di prossimità)
- $X_s^2 = 8\pi f 10^{-7} K_p/R'$
- $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$  (fattore di perdita nella guaina e nello schermo ( $\lambda_2 = 0$  cavo non armato))
- $T_1$  (resistenza termica dell'isolante)
- $T_2$  (resistenza termica dell'imbottitura tra isolante e guaina esterna)
- $T_3$  (resistenza termica del rivestimento esterno del cavo)
- $T_4 = 1,5/3,14 \cdot \rho_T \ln(16L_3/D_e \cdot s^2)$  (resistenza termica tra la superficie del cavo ed il mezzo ambiente per una terne)
- $\rho_T$  (resistività termica del terreno)
- $T_4'$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per due terne affiancate)
- $T_4''$  (resistenza termica tra superficie esterna del cavo ed il mezzo ambiente per tre terne affiancate)

I cavi saranno posati direttamente a contatto con il terreno. La profondità di posa è di 1,2 m e le terne che seguiranno lo stesso tracciato saranno affiancate ad una distanza, rispetto ai cavi più interni, di 0,3 m asse-asse. La portata dei cavi affiancati è calcolata tenendo conto anche del riscaldamento causato su di esso dalle correnti che effettivamente percorrono gli altri cavi posti nello stesso scavo. Tale calcolo per i vari casi previsti è fatto applicando il principio dell'immagine termica proposta dalla norma CEI 20-21.

Nelle tabelle sotto riportate sono illustrati i risultati dei calcoli di portata in base al numero di terne affiancate per le taglie di cavi che si utilizzeranno nella realizzazione della rete elettrica (50 mmq, 185 mmq e 500 mmq).



È importante sottolineare che la portata dei cavi dipende fortemente dalla resistività termica del mezzo che circonda il cavo interrato. Per il calcolo delle portate di corrente è stato utilizzato un valore di resistenza termica del terreno di 1,5 K·m/W, mettendosi in condizioni di sicurezza, dato che è un caso peggiorativo rispetto a 1 K·m/W in STC poiché riduce ulteriormente la portata in condizioni di esercizio del cavidotto.

È importante sottolineare che la resistenza termica dei terreni, lungo il percorso degli elettrodotti di collegamento dei sottocampi con la sottostazione AT/MT cambia di molto a seconda della tipologia dei terreni che si hanno dalla zona del campo eolico fino ad arrivare alla zona della sottostazione incontrando zone influenzate dalla presenza dei diversi torrenti.

### 7.3 SCELTA DEL TIPO DI POSA CAVO MT

Tutti i cavidotti MT interni al campo agrivoltaico saranno interrati ad una profondità non inferiore a 1,10 m. Per quanto riguarda il cavidotto MT di vettoriamento dell'energia dal campo agrivoltaico alla sottostazione di trasformazione MT/AT, questo sarà interrato ad una profondità di circa 1,50 m su sede propria o su banchina di strada esistente in conglomerato bituminoso. I tipici e schemi di cavidotti sono dettagliati negli elaborati della sezione EG.4 LAYOUT IMPIANTO.

I cavi saranno posati su un letto di terreno vegetale oppure di terreno vagliato rinveniente dallo stesso scavo in modo tale da avere una resistenza pari a 1 K·m/W. Verranno posati anche i nastri segnalatori disposti superiormente ai cavi ad almeno 30 cm.

Gli scavi ed i ripristini sulle eventuali carreggiate stradali saranno eseguiti secondo le modalità descritte nelle tavole del progetto esecutivo civile.

Per i cavi, in generale, si definiscono le seguenti modalità di posa:

- L: Cavi direttamente interrati senza protezione meccanica supplementare;
- M: Cavi direttamente interrati con protezione meccanica supplementare (lastra piana M.1 o apposito tegolo M.2);
- N: Cavi in tubo interrato;
- O: Cavi in condotti;
- P: Cavi in cunicolo affiorante;
- Q: Cavo in cunicolo interrato;
- R: Cavo in acqua (posato sul fondo R.1 o interrato sul fondo R.2).

### 7.4 SCELTA DEL LIVELLO DI TENSIONE E DEL TIPO DI CAVO

Ai sensi della norma CEI 11-17 e come riportato nella tabella 4.1.4, in funzione della tensione nominale del sistema pari a 30 kV, si ottiene:

- valore della tensione massima  $U_n=30$  kV;
- categoria A oppure B cui corrisponde una durata massima per ogni singolo caso di funzionamento con fase a terra da 1 fino a 8 ore;
- tensione di isolamento a campo elettrico radiale  $U_0=18$  kV.



Tra i vari cavi con materiale conduttore in alluminio, è possibile utilizzare cavi ARE4H5ER 36 kV che sono normati, per quanto riguarda le prove sui materiali, dalla norma CEI. Tutte le verifiche sono state effettuate considerando i dati elettrici e costruttivi forniti dalla committenza nonché i datasheet Nexans.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei vari tipi di cavo.

✓ Cavo tipo ARE4H5ER

Tale cavo presenta le seguenti caratteristiche:

- anima costituita da conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, classe 2 secondo IEC60228;
- semiconduttore interno in materiale elastomerico estruso;
- isolante estruso XLPE;
- semiconduttore esterno in materiale elastomerico estruso;
- barriera d'acqua longitudinale;
- schermo metallico con nastro in alluminio applicato longitudinalmente;
- due guaine una in PE e una in PVC estruso - colore rosso per aumentare la resistenza meccanica.

Il cavo ha una temperatura massima di funzionamento in condizioni ordinarie di 90°C, una temperatura massima ammissibile in corto circuito di 250 °C.

Tipo:	ARE4H5EX
Tensione nominale [kV]:	18/30
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3x1x50
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.641
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.822
Reattanza [Ω/km]:	0.152
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.147

*Caratteristiche cavo 3x1x50*

Tipo:	ARE4H5EX
Tensione nominale [kV]:	18/30
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	3x1x185
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.164
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.211
Reattanza [Ω/km]:	0.118
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.258

*Caratteristiche cavo 3x1x185*

Tipo:	ARE4H5EX
Tensione nominale [kV]:	18/30
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]:	1x500
Resistenza a 20 °C [Ω/km]:	0.0605
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0.080
Reattanza [Ω/km]:	0.096
Capacità chilometrica [μF/km]:	0.376

*Caratteristiche cavo 1x500*

## 7.5 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati e i risultati dei calcoli effettuati a piena potenza per tutti i cavidotti MT di collegamento tra le Power Station situate nei 6 sottocampi e la cabina di raccolta. Inoltre, sono state effettuate le verifiche di portata e caduta di tensione sull'elettrodotto MT di collegamento tra la Cabina di raccolta e la sottostazione di trasformazione MT/AT (cavidotto di vettoriamento):



N. Sottocampo	Tratto	Lunghezza Tratto [m]	Sezione [mmq]	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore (n° Terne affiancate) [A]	Margine di sicurezza sul carico [%]	Caduta di tensione sulla linea [%]	Verifica Caduta di tensione
Sottocampo A	Power Station 2a - Cabina Raccolta	298	50	80,58	103,56 (4)	22,19	0,12	OK
Sottocampo B	Power Station 2b - Cabina Raccolta	586	50	77,27	103,56 (4)	25,39	0,22	OK
Sottocampo C	Power Station 4d - Power Station 3c	357	50	80,91	109,16 (3)	25,88	0,14	OK
Sottocampo D	Power Station 3c - Cabina Raccolta	410	185	161,48	217,77 (4)	25,85	0,08	OK
Sottocampo E	Power Station 6f - Power Station 5e	335	50	77,27	120,35 (2)	35,8	0,12	OK
Sottocampo F	Power Station 5e - Cabina Raccolta	1393	185	153,23	217,77 (4)	29,64	0,27	OK

*Dimensionamento e verifica della portata e cdt cavidotti MT interni all'impianto agrivoltaico (potenza erogata 100%)*

Cavidotto di vettoriamento a 30 kV	Tratto	Lunghezza Tratto [m]	N. Terne Affiancate	Sezione [mmq]	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore (n° Terne affiancate) [A]	Margine di sicurezza sul carico [%]	Caduta di tensione sulla linea [%]
	CR - Sottostazione MT/AT	15217	2	500	236,29	429,14 (2)	44,94	1,85

*Dimensionamento e verifica della portata e cdt cavidotto di vettoriamento MT (potenza erogata 100%)*

Dai risultati ottenuti, si può constatare che, in regime di funzionamento ordinario (caso di massima potenza erogata), i vincoli impostati sono verificati su ogni tratto di linea.

## 7.6 CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI

Per i calcoli elettrici relativi ai cavidotti, si sono considerate le seguenti condizioni:

di carico:

- potenza max generatore fotovoltaico afferente ad un Inverter: 4204,2 kW;
- Tensione nominale elettrodotto: 30 kV

di posa dei conduttori:

- tipologia di posa: direttamente interrato;
- profondità di posa: 1,00/1,2 m;
- temperatura del terreno: 25°C;
- resistività termica del terreno: 1 K·m/W;
- distanza di posa: 25 cm;
- numero totale massimo di terne nello stesso scavo: 5;
- Coefficiente di riduzione per N. 2 Terne affiancate: 0,86;
- Coefficiente di riduzione per N. 3 Terne affiancate: 0,78;
- Coefficiente di riduzione per N. 4 Terne affiancate: 0,74;



Si sono considerati i seguenti vincoli, imposti dal corretto funzionamento degli impianti e dalla scelta della soluzione più economica:

- massima caduta di tensione per collegamento tra due Power Station  $\Delta V = 0,14\%$ ;
- massima caduta di tensione per collegamento tra Power Station e Cabina di Raccolta  $\Delta V = 0,27\%$ ;
- tempo di intervento protezione  $t=0,5$  s;
- massime perdite ammesse sulle linee: 2%;
- massimo carico previsto per il cavo: 80 %.

## 7.7 COLLEGAMENTI AUSILIARI

Per i collegamenti ausiliari si utilizzeranno cavi multipolari con conduttori in corda flessibile in rame isolato in EPR sotto guaina in PVC, tipo F16OR16 0.6/1 kV, in ottemperanza alle norme CEI 20-22 II, con sezione minima pari a 2,5 mmq. Per il collegamento lato secondario certificato UTF dei trasformatori di corrente la sezione minima dei cavi impiegati dovrà essere almeno pari a 4 mmq.

Tutta la cassetteria dei circuiti di misura dei TA e TV dovrà essere realizzata in cavo schermato per una migliore protezione dalle interferenze elettromagnetiche.

## 7.8 APPARECCHIATURE A MT

La sezione a MT di ogni singolo montante include:

- il montante, in uscita dal quadro elettrico MT dell'impianto utente di connessione sarà composto da scomparti per arrivi linea, per partenza verso il trasformatore AT/MT, per protezione linea servizi ausiliari, per protezione del TV di sbarra;
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno, ad ossido di zinco, completi di dispositivo contascariche, attestati sulle sbarre a MT del trasformatore;
- n. 1 apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT, costituito da n. 3 sbarre in rame, sorrette mediante isolatori da un castelletto in acciaio zincato a caldo per la risalita cavi e la connessione alle suddette sbarre.

## 7.9 QUADRO GENERALE MT

Il quadro generale MT, del tipo a tenuta d'arco interno, è realizzato in lamiera zincata con unità separate protette con interruttori e sezionatori in SF6, e sarà composto da:

- N. 1 unità di protezione del trasformatore AT/MT lato MT;
- N. 1 unità di alimentazione servizi ausiliari;
- N. 2 unità di arrivo linee MT da centrale con protezione.
- N. 1 unità di prelievo segnali di tensione di sbarra.

## 7.10 SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI

Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria;
- Batteria ermetica di accumulatori al piombo;
- Quadro BT servizi ausiliari.

Il raddrizzatore/caricabatteria svolge la duplice funzione di fornire l'alimentazione stabilizzata alle utenze a 110 VCC e contemporaneamente di ricaricare la batteria.



## 7.11 RETE DI TERRA

La rete di terra sarà realizzata all'interno del recinto mediante una maglia in corda di rame nuda. L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3) ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 125 mm<sup>2</sup>, interrati ad una profondità di almeno 0.7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>.

## 7.12 IMPIANTI SPECIALI

L'area i fabbricati andranno protetti dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:

- barriere perimetrali sui quattro lati del perimetro dell'area utente;
- contatti sulle porte di accesso ai locali di utente, con eccezione del locale misure;
- sirena auto-alimentata antischiuma;
- centrale elettronica di allarme con almeno 4 zone;
- trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso il cancello di ingresso;
- compositore GSM;

L'area dovrà, inoltre, essere dotata di impianto di videosorveglianza.

## 7.13 ILLUMINAZIONE ESTERNA ED IMPIANTO FM

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi.

I proiettori saranno del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP65, con lampade a led non inferiore a 70 W e verranno montati su pali in vetroresina di altezza adeguata, aventi alla base una casetta di derivazione. Il valore medio di illuminamento minimo in prossimità delle apparecchiature AT sarà di 30 lux.

Dovrà essere installata l'illuminazione interna dei locali in modo tale che sia garantito all'interno un illuminamento medio di 100 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali.

## 7.14 PROTEZIONE APPARECCHIATURE

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

Come precedentemente descritto, l'impianto AT sarà dotato di interruttori automatici AT, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori AT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Le protezioni e le tarature si definiranno in sede di progettazione esecutiva e di regolamento di esercizio.





## 8. SOTTOSTAZIONE AT/MT

La società Santa Lucia Energia S.r.l. ha intenzione di realizzare una Sottostazione di Trasformazione utente 30/150 kV, atta a ricevere l'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico. La planimetria elettromeccanica e l'ubicazione della sottostazione sono riportati negli elaborati grafici della sezione EG.7 OPERE DI CONNESSIONE.

All'interno della Sottostazione di trasformazione la tensione viene innalzata da 30 kV (tensione nominale del sistema di rete tra Power skids, cabina di raccolta ed elettrodotto di vettoriamento) a 150 kV e da qui con collegamento rigido si collega al nuovo stallo linea AT della Cabina Primaria di Castrignano del Capo (LE) di E-distribuzione.

La Sottostazione sarà composta da:

- Uno stallo AT per il collegamento del Trasformatore, come di seguito specificato;
- fabbricato quadri, come da elaborato grafico allegato, con i locali MT, il locale telecontrollo e BT, locale gruppo elettrogeno;
- locali per misure;

Le apparecchiature ed il macchinario AT saranno dimensionati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza industriale della rete a 150 kV.

### 8.1 NUOVO STALLO AT

Il nuovo stallo AT di progetto sarà composto da **un montante linea - trasformatore**, collegato dal lato AT (150 kV) alle sbarre della Sottostazione Utente AT/MT di ampliamento e dal lato MT (30 kV) ai terminali in uscita dei cavi a 30 kV provenienti dal quadro MT, e sarà costituito da:

- n. 1 sezionatore di tripolare rotativo, con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato;
- N. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6;
- N. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno;
- N. 1 terna di trasformatori di corrente unipolari isolati in gas SF6;
- N. 1 terna di scaricatori di sovratensione per esterno ad ossido di zinco;
- N. 1 trasformatore MT/AT da 50/63 MVA isolato in olio minerale.

Tutte le apparecchiature saranno dimensionate compatibilmente con le caratteristiche della rete nel punto di connessione (tensioni e correnti nominali, correnti di cortocircuito).

In linea generale, tutte le apparecchiature ed i componenti AT sono progettati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza di rete a 150 kV cui si collegano.

Le apparecchiature AT saranno posizionate in accordo con la norma CEI 11-1, rispettando in particolare i seguenti requisiti:

- altezza minima da terra delle parti in tensione: 4500 mm
- distanza tra gli assi delle fasi delle apparecchiature: 2500 mm

#### 8.1.1 SEZIONATORE AT

Il sezionatore è posizionato in modo tale da poter separare il singolo impianto di utenza dalle sbarre di parallelo e quindi dall'impianto di consegna.





– Norme di riferimento:	IEC 129
– Tensione nominale:	170 kV
– Corrente nominale:	1250 A
– Corrente nominale di breve durata:	
o valore efficace	31,5 kA
o valore di cresta	80 kA
– Durata ammissibile della corrente di breve durata:	1 s
– Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
o verso massa	650 kV
o sulla distanza di sezionamento	750 kV
– Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.):	
o verso terra	275 kV
o sulla distanza di sezionamento	315 kV
– Operazione delle lame di linea:	manuale/motorizzata
– Operazione delle lame di terra:	manuale/motorizzata
– Contatti ausiliari disponibili	4NA+4NC
– Tensioni ausiliarie:	110 V cc

### 8.1.2 INTERRUTTORE

L'interruttore tripolare posto a valle del sezionatore di ogni singolo stallo avrà la funzione di escludere dall'impianto di rete per la connessione il singolo impianto di utenza proteggendo i macchinari da guasti esterni ed interni. Il comando di chiusura sarà regolamentato per non danneggiare persone o cose e deve essere esclusivamente impartito dall'utente.

– Norme applicabili:	IEC 56.1
– Numero dei poli:	3
– Mezzo di estinzione dell'arco:	SF6
– Tensione nominale:	150 kV
– Livello di isolamento nominale:	170 kV
– Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min:	325 kV
– Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 micros:	750 kV
– Corrente nominale:	1250 A
– Corrente di breve durata ammissibile per 1 s:	31.5 kA
– Corrente limite dinamica:	50 kA
– Durata di corto circuito nominale:	1 s
– Cos $\varphi$ di corto circuito (a potere di interruzione nom.):	0,15
– Potere di interruzione nominale per guasto ai morsetti:	
o a 170 kV	31.5 kA
o potere di chiusura nominale	50 kA
– Ciclo di operazione nominale:	O-t-CO-t'-CO
– Tempo di attesa t:	0,3 s
– Tempo di attesa t':	1 min
– Comando manovra:	tripolare
– Tensioni di alimentazione ausiliaria:	
o motore	110 Vcc



○ bobine di apertura / chiusura	110 Vcc
○ relè ausiliari	110 Vcc
○ resistenza di riscaldamento/anticondensa	220 Vca
– Contatti ausiliari:	4NA + 4NC

### 8.1.3 TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI

– Tensione massima di riferimento per l'isolamento:	170 kV
– Rapporto di trasformazione:	150000: $\sqrt{3}/100$ : $\sqrt{3}$ V
○ Prestazione nominale:	50 VA
– Classe di precisione	0,2-3P
– Fattore di tensione nominale (funzionamento x 30 s):	1.5
– Tensione di tenuta a frequenza industriale:	325 kV
– Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	750 kV

### 8.1.4 SCARICATORI DI SOVRATENSIONE

Per lo stallo AT, la protezione dalle sovratensioni di origine atmosferico viene assicurata facendo ricorso a degli scaricatori ad ossido di zinco. Questi potranno essere composti da uno o più elementi collegati in serie, ciascuno di essi costituito da un involucro, contenente una o più colonne di resistori di ossido di zinco collegate in parallelo. I resistori ad ossido di zinco devono essere in grado di garantire i livelli di protezione richiesti, di assorbire l'energia associata alle diverse tipologie di sovratensioni e di sopportare la tensione di servizio continuo, in assenza di fenomeni di fuga termica per la vita stimata dell'apparecchio, anche in presenza di scariche parziali all'interno del dispositivo.

– Norme applicabili:	IEC 99-4
– Tipo di isolamento:	normale
– Tensione di esercizio continuo:	108 kV
– Tensione residua con onda 8/20 $\mu$ s a corrente di scarica di:	
– - 10 kA	396 kV
– Tensione residua con impulsi di corrente fronte rapido 1 $\mu$ s:	
– - 10 kA	455 kV
– Tensione residua con onda 30/60 $\mu$ s a corrente di scarica di:	
– - 0,5 kA	318 kV
– Classe di prova di tenuta ad impulsi di lunga durata:	3
– Corrente nominale di scarica:	10 kA
– Valore di cresta della corrente per la prova di tenuta ad impulso di forte corrente:	100 kA
– Valore efficace della corrente elevata per la prova di sicurezza contro le esplosioni:	40 kA
– Linea di fuga della porcellana:	normale

Gli scaricatori saranno provvisti di basi isolate e dispositivo contascariche su ciascuna fase.



### 8.1.5 TRASFORMATORE AT/MT

Per la trasformazione 150/30 kV si utilizzerà un trasformatore trifase a isolamento pieno in olio minerale per installazione all'esterno, con raffreddamento naturale dell'aria e forzato dell'olio (ONAN/ONAF), completo di serbatoio dell'olio per il funzionamento e di serbatoio dell'olio di riserva.

### 8.2 CONDUTTORI, MORSE E COLLEGAMENTI AT

Le connessioni tra le varie apparecchiature AT a partire dal sezionatore di ingresso fino al trasformatore di potenza dovranno essere realizzate con conduttori in lega di alluminio in tubo P – Al Mg Si UNI 3569-66.

La morsetteria utilizzata dovrà essere di tipo monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inox. Nell'accoppiamento eventuale alluminio-rame si utilizzerà pasta antiossidante per impedire la corrosione galvanica tra i due metalli.

Gli isolatori per le colonne portanti dovranno essere realizzati in conformità alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168.

#### Terminali per cavo 150 kV da esterno

– Massima tensione di tenuta Um:	170 kV
– Tensione nominale U:	150 kV
– Valore di U0 per la determinazione della tensione di prova:	87 kV
– Misura del fattore di perdita U0:	87 kV
– Tensione di prova del ciclo di riscaldamento, 2U0:	174 kV
– Tensione di scarica parziale <5pC, 1.5U0:	131 kV
– Tensione di prova all'impulso, BIL:	± 750 kV
– Tensione di prova alternata,	2.5U0

### 8.3 COLLEGAMENTI AUSILIARI

Per i collegamenti ausiliari si utilizzeranno cavi multipolari con conduttori in corda flessibile in rame isolato in EPR sotto guaina in PVC, tipo F16OR16 0.6/1 kV, in ottemperanza alle norme CEI 20-22 II, con sezione minima pari a 2,5 mmq. Per il collegamento lato secondario certificato UTF dei trasformatori di corrente la sezione minima dei cavi impiegati dovrà essere almeno pari a 4 mmq.

Tutta la cavetteria dei circuiti di misura dei TA e TV dovrà essere realizzata in cavo schermato per una migliore protezione dalle interferenze elettromagnetiche.

### 8.4 APPARECCHIATURE A MT

La sezione a MT di ogni singolo montante include:

- il montante, in uscita dal quadro elettrico MT dell'impianto utente di connessione sarà composto da scomparti per arrivi linea, per partenza verso il trasformatore AT/MT, per protezione linea servizi ausiliari, per protezione del TV di sbarra;
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno, ad ossido di zinco, completi di dispositivo contascariche, attestati sulle sbarre a MT del trasformatore;
- n. 1 apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT, costituito da n. 3 sbarre in rame, sorrette mediante isolatori da un castelletto in acciaio zincato a caldo per la risalita cavi e la connessione alle suddette sbarre.



## 8.5 QUADRO GENERALE MT

Il quadro generale MT, del tipo a tenuta d'arco interno, è realizzato in lamiera zincata con unità separate protette con interruttori e sezionatori in SF<sub>6</sub>, e sarà composto da:

- N. 1 unità di protezione del trasformatore AT/MT lato MT;
- N. 1 unità di alimentazione servizi ausiliari;
- N. 2 unità di arrivo linee MT da centrale con protezione.
- N. 1 unità di prelievo segnali di tensione di sbarra.

## 8.6 SERVIZI AUSILIARI ESSENZIALI

Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria;
- Batteria ermetica di accumulatori al piombo;
- Quadro BT servizi ausiliari.

Il raddrizzatore/caricabatteria svolge la duplice funzione di fornire l'alimentazione stabilizzata alle utenze a 110 V<sub>CC</sub> e contemporaneamente di ricaricare la batteria.

## 8.7 RETE DI TERRA

La rete di terra sarà realizzata all'interno del recinto mediante una maglia in corda di rame nuda. L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3) ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 125 mm<sup>2</sup>, interrati ad una profondità di almeno 0.7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>.

## 8.8 ILLUMINAZIONE ESTERNA ED IMPIANTO FM

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi.

I proiettori saranno del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP65, con lampade a led non inferiore a 70 W e verranno montati su pali in vetroresina di altezza adeguata, aventi alla base una casetta di derivazione. Il valore medio di illuminamento minimo in prossimità delle apparecchiature AT sarà di 30 lux. Sarà inoltre previsto l'utilizzo di un interruttore crepuscolare per l'accensione/spegnimento automatico dei corpi illuminanti.

Dovrà essere installata l'illuminazione interna dei locali in modo tale che sia garantito all'interno un illuminamento medio di 100 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali.

## 8.9 IMPIANTI SPECIALI

L'area i fabbricati andranno protetti dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:

- barriere perimetrali sui quattro lati del perimetro dell'area utente;
- contatti sulle porte di accesso ai locali di utente, con eccezione del locale misure;
- sirena auto-alimentata antischiama;
- centrale elettronica di allarme con almeno 4 zone;



- trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso il cancello di ingresso;
- compositore GSM;

L'area dovrà, inoltre, essere dotata di impianto di videosorveglianza.

#### **8.10 PROTEZIONE APPARECCHIATURE**

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

Come precedentemente descritto, l'impianto AT sarà dotato di interruttori automatici AT, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori AT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Le protezioni e le tarature si definiranno in sede di progettazione esecutiva e di regolamento di esercizio.



## 9. ELETTRDOTTO AT 150 KV

Il collegamento della Sottostazione alla Cavina Primaria di Castrignano del Capo sarà assicurato mediante la realizzazione di un elettrodotto AT a 150 kV. Nella scelta tecnica per la realizzazione del nuovo collegamento si è tenuto conto principalmente dei seguenti fattori:

- posizione della Cabina Primaria;
- posizione e configurazione dell'impianto di connessione;
- minimizzare la costruzione di nuovi elettrodotti;
- ottimizzare i collegamenti elettrici utilizzando, per quanto possibile, tracciati più brevi, salvaguardando nel contempo eventuali presenze di zone antropizzate;
- minimizzare l'impatto ambientale e le interferenze;
- utilizzare quanto più possibile la viabilità esistente.

Alla luce di ciò si è progettato un elettrodotto interrato, di c.a. 290 m di lunghezza, in cavo AT di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup> adagiato all'interno di uno scavo. L'elettrodotto collegherà i terminali della Sottostazione di Trasformazione e lo stallo da realizzare nella Cabina Primaria di Castrignano del Capo.

Il tracciato, quale risulta dalle tavole allegate, ricade interamente nel territorio del comune di Castrignano del Capo (LE), su strada in parte pubblica e parte suolo privato e ad una quota altimetrica di c.a. 133 m s.l.m.; risulta il più idoneo dal punto di vista tecnico vista la posizione della futura sistemazione della Sottostazione di Trasformazione.

### 9.1 SCELTA DEL TIPO DI CAVO

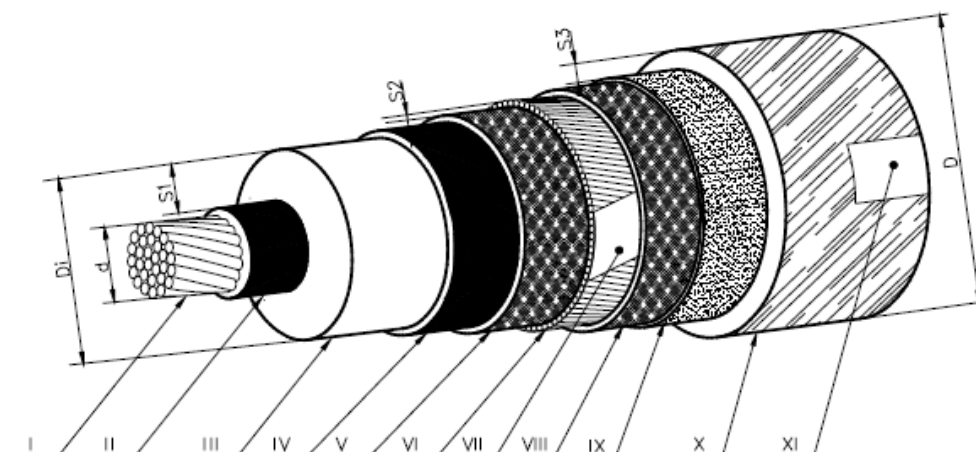
Nelle tavole allegate è riportato il breve percorso dell'elettrodotto interrato e la posizione della sottostazione.

L'elettrodotto di progetto sarà in cavo interrato AT formato da una terna trifase posata a trifoglio costituita da cavi unipolari con anima in alluminio da 630mm<sup>2</sup> (ARE4H1H5E), schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, schermo a fili di rame e guaina in alluminio monoplaccato e rivestimento in polietilene (PE) con grafitatura esterna. I cavi devono essere conformi al documento Cenelec HD 632 ovvero alla norma IEC 60840 seconda edizione 1999.

Il rivestimento protettivo esterno deve essere una guaina in polietilene conforme alla norma CEI 20-11 di colore nero. La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno agli stessi.

Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi dovranno essere nel range fissato dal fabbricante dei cavi.





I - Conduttore II - Strato semiconduttore III - Isolante IV - Strato semiconduttore V - Nastro igroespandente  
 VI - Schermo a fili di rame VII - Nastro equalizzatore VIII - Nastro igroespandente ( eventuale )  
 IX - Nastro di alluminio incollato a polietilene X - Guaina termoplastica XI - Stampigliatura

**PROSPETTO 1 - CARATTERISTICHE DEI CAVI**

1	2	3	4	5		7	8	9		11		12
				Resist. elettrica a 20° C				PORTATE (1)		Corrente termica di		
				conduttore	schermo			per posa interrata		corto circuito		
		massima	massima	a trifoglio	in piano	conduttore	schermo					
Matricola	Tipo	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(Ω/km)	(Ω/km)	Materiale guaina esterna	Massa (indicativa) (kg/m)	(A)	(A) (3)	(kA)	(kA)	
	DC 4597/1	630	(*)	0,0469	0,216	PE	7,1	690	720	80	20,0	

Nei tratti in cui si attraverseranno terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non potranno essere rispettate le profondità minime sopra indicate, dovranno essere predisposte adeguate protezioni.

Saranno eseguiti scavi a sezione ridotta e obbligata di profondità 150 cm (si vedano gli allegati grafici) a seconda del tipo di attraversamento.

Si procederà quindi con:

- scavo;
- posa primo strato di magrone cementizio;
- posa cavo AT;
- rinfiacamento e riempimento con magrone cementizio fino alla quota stabilita,
- posa cavo di controllo entro tritubo in PEHD;
- riempimento con terra derivante dallo scavo,
- posa di rete in plastica forata e di uno o più nastri segnalatori,
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, preventivamente approvato dalla D.L., per gli attraversamenti particolari; rinterro con conglomerato cementizio classe Rck 150;
- ripristino della pavimentazione stradale.

Giunti AT





Per la giunzione elettrica dell'elettrodotto in cavo si devono utilizzare connettori che rispettino gli standard Terna adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento e degli strati sovrapposti. Tutti i giunti devono essere rispondenti alle norme CEI 20-73. L'esecuzione delle giunzioni su cavi deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni fornite dal costruttore.

Il giunto essenzialmente è costituito da un connettore a compressione di giunzione del conduttore, da un elettrodo metallico, da un corpo prestampato in gomma EPR, da una calza di rame che garantisce la continuità metallica dello schermo e da una protezione esterna anticorrosiva.

#### Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

#### Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso del cavo dovrà essere posato sotto la pavimentazione, a non meno di 20 cm dalla protezione del cavo, una rete di segnalazione.

#### Prova di isolamento

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento del cavo a AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17.

## **9.2 CONDIZIONI OPERATIVE E VINCOLI**

Per i calcoli elettrici relativi al cavidotto, si sono considerate le seguenti condizioni:

di carico:

- potenza max generatore fotovoltaico: 24 MW;
- Tensione nominale elettrodotto: 150 kV

di posa dei conduttori:

- tipologia di posa: direttamente interrato;
- profondità di posa: 1,30/1,5 m;
- temperatura del terreno: 25°C;
- resistività termica del terreno: 1 K·m/W;
- distanza di posa: -- cm;
- numero totale massimo di terne nello stesso scavo: 1;

Si sono considerati i seguenti vincoli, imposti dal corretto funzionamento degli impianti e dalla scelta della soluzione più economica:

- massima caduta di tensione  $\Delta V = 0,5\%$ ;
- tempo di intervento protezione  $t=0,5$  s;
- massime perdite ammesse sulle linee: 2%;
- massimo carico previsto per il cavo: 80 %.

Nelle tabella sottostante si riportano i dati e i risultati dei calcoli effettuati con tali parametri



Cavidotto AT	Tratto	Lunghezza Tratto [m]	N. Terne Affiancate	Sezione [mmq]	Corrente di impiego da Load Flow [A]	Portata Conduttore (posa a trifoglio) [A]	Margine di sicurezza sul carico [%]	Caduta di tensione sulla linea [%]
	CP - Sottostazione MT/AT	290	1	630	94,7	690	84	0.001

*Dimensionamento e verifica della portata e cdt cavidotto di vettoriamento MT (potenza erogata 100%)*



## 10. NUOVO STALLO IN CABINA PRIMARIA

Il nuovo stallo AT di progetto sarà composto da **un montante linea**, collegato dal lato AT (150 kV) alle sbarre della Sottostazione Utente AT/MT di ampliamento, e sarà costituito da:

- n. 1 sezionatore di tripolare rotativo, con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato;
- N. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6;
- N. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno;
- N. 1 terna di trasformatori di corrente unipolari isolati in gas SF6;
- . n. 1 sezionatore di tripolare rotativo

Tutte le apparecchiature saranno dimensionate compatibilmente con le caratteristiche della rete nel punto di connessione (tensioni e correnti nominali, correnti di cortocircuito).

In linea generale, tutte le apparecchiature ed i componenti AT sono progettati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza di rete a 150 kV cui si collegano e dovranno essere conformi alle specifiche tecniche di E-Distribuzione.

Le apparecchiature AT saranno posizionate in accordo con la norma CEI 11-1 e con le specifiche E-Distribuzione, rispettando in particolare i seguenti requisiti:

- altezza minima da terra delle parti in tensione: 4500 mm
- distanza tra gli assi delle fasi delle apparecchiature: 2500 mm

### 10.1.1 SEZIONATORE AT

Il sezionatore è posizionato in modo tale da poter separare il singolo impianto di utenza dalle sbarre di parallelo e quindi dall'impianto di consegna.

- Norme di riferimento: IEC 129
- Tensione nominale: 170 kV
- Corrente nominale: 1250 A
- Corrente nominale di breve durata:
  - o valore efficace 31,5 kA
  - o valore di cresta 80 kA
- Durata ammissibile della corrente di breve durata: 1 s
- Tensione di prova ad impulso atmosferico:
  - o verso massa 650 kV
  - o sulla distanza di sezionamento 750 kV
- Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.):
  - o verso terra 275 kV
  - o sulla distanza di sezionamento 315 kV
- Operazione delle lame di linea: manuale/motorizzata
- Operazione delle lame di terra: manuale/motorizzata
- Contatti ausiliari disponibili 4NA+4NC
- Tensioni ausiliarie: 110 V cc



### 10.1.2 INTERRUTTORE

L'interruttore tripolare posto a valle del sezionatore di ogni singolo stallo avrà la funzione di escludere dall'impianto di rete per la connessione il singolo impianto di utenza proteggendo i macchinari da guasti esterni ed interni. Il comando di chiusura sarà regolamentato per non danneggiare persone o cose e deve essere esclusivamente impartito dall'utente.

– Norme applicabili:	IEC 56.1
– Numero dei poli:	3
– Mezzo di estinzione dell'arco:	SF6
– Tensione nominale:	150 kV
– Livello di isolamento nominale:	170 kV
– Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min:	325 kV
– Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 micros:	750 kV
– Corrente nominale:	1250 A
– Corrente di breve durata ammissibile per 1 s:	31.5 kA
– Corrente limite dinamica:	50 kA
– Durata di corto circuito nominale:	1 s
– Cos $\varphi$ di corto circuito (a potere di interruzione nom.):	0,15
– Potere di interruzione nominale per guasto ai morsetti:	
o a 170 kV	31.5 kA
o potere di chiusura nominale	50 kA
– Ciclo di operazione nominale:	O-t-CO-t'-CO
– Tempo di attesa t:	0,3 s
– Tempo di attesa t':	1 min
– Comando manovra:	tripolare
– Tensioni di alimentazione ausiliaria:	
o motore	110 Vcc
o bobine di apertura / chiusura	110 Vcc
o relè ausiliari	110 Vcc
o resistenza di riscaldamento/anticondensa	220 Vca
– Contatti ausiliari:	4NA + 4NC

### 10.1.3 TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI

– Tensione massima di riferimento per l'isolamento:	170 kV
– Rapporto di trasformazione:	150000: $\sqrt{3}/100$ : $\sqrt{3}$ V
o Prestazione nominale:	50 VA
– Classe di precisione	0,2-3P
– Fattore di tensione nominale (funzionamento x 30 s):	1.5
– Tensione di tenuta a frequenza industriale:	325 kV
– Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	750 kV

### 10.1.4 SCARICATORI DI SOVRATENSIONE

Per lo stallo AT, la protezione dalle sovratensioni di origine atmosferico viene assicurata facendo ricorso a degli scaricatori ad ossido di zinco. Questi potranno essere composti da uno o più elementi



collegati in serie, ciascuno di essi costituito da un involucro, contenente una o più colonne di resistori di ossido di zinco collegate in parallelo. I resistori ad ossido di zinco devono essere in grado di garantire i livelli di protezione richiesti, di assorbire l'energia associata alle diverse tipologie di sovratensioni e di sopportare la tensione di servizio continuo, in assenza di fenomeni di fuga termica per la vita stimata dell'apparecchio, anche in presenza di scariche parziali all'interno del dispositivo.

- Norme applicabili:	IEC 99-4
- Tipo di isolamento:	normale
- Tensione di esercizio continuo:	108 kV
- Tensione residua con onda 8/20 $\mu$ s a corrente di scarica di:	
- - 10 kA	396 kV
- Tensione residua con impulsi di corrente fronte rapido 1 $\mu$ s:	
- - 10 kA	455 kV
- Tensione residua con onda 30/60 $\mu$ s a corrente di scarica di:	
- - 0,5 kA	318 kV
- Classe di prova di tenuta ad impulsi di lunga durata:	3
- Corrente nominale di scarica:	10 kA
- Valore di cresta della corrente per la prova di tenuta ad impulso di forte corrente:	100 kA
- Valore efficace della corrente elevata per la prova di sicurezza contro le esplosioni:	40 kA
- Linea di fuga della porcellana:	normale

Gli scaricatori saranno provvisti di basi isolate e dispositivo contascariche su ciascuna fase



## 11. VALUTAZIONE DELLA PRODUCIBILITA'

È stata eseguita una stima della producibilità, utilizzando l'applicazione PVGIS elaborata da European Commission Joint Research Centre attraverso la quale troviamo il valore della producibilità elettrica annua per ogni kWp distinguendola per le due tipologie di posa e la produzione totale annua dell'impianto.

Latitudine/Longitudine	Latitudine: 39.906241°; Longitudine: 18.214385°
Database solare	PVGIS-SARAH
Tecnologia FV	Silicio cristallino
Perdite di sistema generatore	20 %
Produzione annuale FV [kWh/m2] sistema Tracker biassiale	2037 kWh
Perdite totali [%] sistema tracker biassiale	- 20,74
Produzione Annuale totale dell'impianto	49,5 GWh

Monthly energy output from tracking PV system:



## 12. VERIFICHE E COLLAUDO

### 12.1 CERTIFICAZIONE

A seguito della realizzazione dell'impianto l'Installatore dovrà rilasciare un certificato di collaudo ai fini del rilascio della dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/08.

### 12.2 COLLAUDO

Al termine delle installazioni saranno eseguite a cura dell'installatore tutte le prove di collaudo tecnico-funzionale necessarie per assicurare la conformità delle opere alla progettazione esecutiva, la qualità della stesse ed il loro corretto funzionamento.

L'impianto fotovoltaico e i relativi componenti saranno realizzati nel rispetto delle norme tecniche vigenti e ai sensi di quanto previsto dalle Norme CEI 82-25 e DM 37/08;

I moduli fotovoltaici saranno provati e verificati da laboratori accreditati, per le specifiche prove necessarie alla verifica dei moduli, in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Tali laboratori sono accreditati EA (European Accreditation Agreement) o hanno stabilito con EA accordi di mutuo riconoscimento.

Gli impianti fotovoltaici saranno realizzati con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

a)  $P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I/I_{stc}$

dove:

-  $P_{cc}$  è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;

-  $P_{nom}$  e' la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

-  $I$  è l'irraggiamento [ $W/m^2$ ] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del  $\pm 3\%$ ;

-  $I_{stc}$ , pari a  $1000 W/m^2$ , e' l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione è stata verificata per  $I > 600 W/m^2$ .

b)  $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$

dove:

$P_{ca}$  e' la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del  $2\%$ .

La misura della potenza  $P_{cc}$  e della potenza  $P_{ca}$  deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento ( $I$ ) sul piano dei moduli superiore a  $600 W/m^2$ .

Verranno effettuate esami a vista, verifica di tensioni e correnti di stringa, misura dell'isolamento dei circuiti e verifica dei collegamenti equipotenziali. Tutte le prove di collaudo eseguite sul campo saranno eseguite in contraddittorio con il Committente o un suo rappresentante (Direzione lavori o Collaudatore).

Per tutte le altre forniture saranno eseguite le prove richieste dalla normativa tecnica.

Di tutte le prove eseguite, sia in fabbrica che in sito, l'installatore consegnerà al committente appositi verbali di collaudo.





### **12.3 VERIFICHE DELL'IMPIANTO DI TERRA**

L'impianto di terra sarà verificato mediante esami a vista e prove prima della messa in servizio dell'impianto. Pertanto, sarà effettuata la verifica dell'impianto di terra con la produzione della Dichiarazione di Conformità rilasciata dall'installatore della messa in servizio dell'impianto per consegnare copia al Committente.

Le modalità di prova dell'efficienza dell'impianto di terra saranno effettuate con le seguenti verifiche:

- continuità elettrica dell'impianto di terra al partire dal dispersore fino alle masse e masse estranee collegate;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

Le misure saranno effettuate, per quanto possibile, con l'impianto nelle ordinarie condizioni di funzionamento.

### **12.4 VERIFICHE DEI SISTEMI DI MISURE**

Come condizione preliminare all'attivazione dell'impianto, il sistema di misura sarà sottoposto a verifica di prima posa da parte del responsabile dell'installazione e manutenzione dello stesso. Inoltre si verificherà la teleleggibilità dei dati di misura del contatore da parte del sistema centrale di telelettura.

### **12.5 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE**

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del D.M. 37/08 (ex legge 46/90, articolo 1, lettera a);
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE

