



# REGIONE SARDEGNA

## PROVINCIA DI SASSARI

### COMUNE DI TULA

Oggetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
DELLA POTENZA DI 34,8186 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL  
COMUNE DI TULA  
LOCALITÀ MONTE UDULU**

Elaborato :

**REL002 - Relazione Specialistica Impianto**

TAVOLA:

**REL002**

PROPONENTE :

**Alter Cinque S.R.L.**

Sede  
Via della Bufalotta 374, 00139 Roma (RM)



PROGETTAZIONE :



**GAMIAN CONSULTING SRL**

Sede  
Via Gioacchino da Fiore 74  
87021 Belvedere Marittimo (CS)

Tecnico  
**Ing. Gaetano Voccia**

Team Tecnico:  
Greco Francesco      Cairo Stefano  
Addino Roberto      Martorelli Francesco  
Iorio Marco          Guerriero Alessandra  
Splendore Francesca      Sollazzo Lavinia



PAGINE:

33

DATA:

Marzo 2023

REDAZIONE :

Greco Francesco

CONTROLLO :

Stefano Cairo

APPROVAZIONE :

Voccia Gaetano

**Codice Progetto: F.22.154**

**Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA e AU**

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

**SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO**

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>LAYOUT D’IMPIANTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>MODULI FOTOVOLTAICI .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>INVERTER .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>TRASFORMATORE .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>CENTRO INVERTER-TRASFORMATORE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5</b>	<b>STRUTTURE DI SUPPORTO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>CABLAGGI E CAVI .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7</b>	<b>QUADRI ELETTRICI .....</b>	<b>15</b>
<b>2.8</b>	<b>SISTEMI AUSILIARI .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>SICUREZZA ELETTRICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>COLLEGAMENTO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>SCHEMA DI COLLEGAMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>GESTIONE IMPIANTO .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI MT .....</b>	<b>26</b>
<b>7.1</b>	<b>CAVI MT .....</b>	<b>26</b>
<b>7.2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>26</b>
<b>7.3</b>	<b>GIUNZIONI, TERMINAZIONI E ATTESTAZIONI .....</b>	<b>26</b>
<b>7.3.1</b>	<i>Giunzione cavi MT .....</i>	<i>26</i>
<b>7.3.2</b>	<i>Terminazione ed attestazione cavi MT .....</i>	<i>27</i>
<b>7.4</b>	<b>MODALITÀ DI POSA .....</b>	<b>27</b>
<b>7.4.1</b>	<i>Generalità .....</i>	<i>27</i>
<b>7.4.2</b>	<i>Modalità di posa dei cavi MT .....</i>	<i>28</i>
<b>8</b>	<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE .....</b>	<b>30</b>
<b>8.1</b>	<b>LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE .....</b>	<b>30</b>
<b>9</b>	<b>PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE .....</b>	<b>33</b>

## 1 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

### 1.1 Generalità

La Alter Cinque S.r.l., redattrice del progetto, si propone di realizzare un impianto agro-fotovoltaico, per sé stessa con consegna alla rete dell’energia prodotta, curando in proprio tutte le attività necessarie. La Società intende realizzare nel comune di Tula (SS), in località “Monte Udulu”, un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica. Il progetto prevede la realizzazione di un impianto da 34.818,6 kWp circa per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, opere di connessione e infrastrutture annesse da cedere alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) secondo quanto previsto dalla Legge 9/91 “Norme per l’attuazione del nuovo Piano energetico nazionale” e successive disposizioni legislative in materia tariffaria, in particolare dal D.Lgs. 16 marzo 1999, n° 79 (decreto Bersani). L’impianto, denominato “FV\_TULA”, è di tipo ad inseguitore monoassiale, a terra e non integrato, connesso alla rete (grid-connected) in alta tensione (AT). Si tratta di un impianto con sistema ad inseguitore solare monoassiale, con allineamento dei moduli in direzione nord-sud e tilt di est - ovest variabile da -60°a +60° sull’orizzontale, montati su apposite strutture metalliche.

### 1.2 Layout d’impianto

L’ impianto fotovoltaico prevede i seguenti elementi:

- N. 856 strutture bi stringa di lunghezza 37,62 m. (ovvero 56 moduli caduno) e n. 144 strutture bi stringa di lunghezza 19,24 (ovvero 28 moduli caduno), per un totale di 51.968 moduli fotovoltaici CANADIAN BiHiKu 7 BIFACIAL MONO PERC 640 W 670 W CS7N-640/645/650/655/660/665/670MB-AG per una potenza complessiva installata di 34.818,6 kWp;
- N. 100 inverter di tipo INGECON SUN 350TL M con potenza nominale di 329 kVA;
- Viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell’impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati in MT;
- Aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, ecc.) verranno decise in fase di progettazione esecutiva;
- Rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell’impianto mediante trasmissione dati via modem o tramite comune linea telefonica.

## 2 CARATTERISTICHE TECNICHE

### 2.1 Moduli Fotovoltaici

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 132 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 670 Wp. L'impianto sarà costituito da un totale di 51.968 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 34.818,6 kWp. Le caratteristiche principali della tipologia di pannelli scelti e la seguente:



**NEW**

**CanadianSolar**

**BiHiKu7**  
BIFACIAL MONO PERC  
640 W ~ 670 W  
CS7N-640 | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 | 670MB-AG

FRONT BACK

**MORE POWER**

- 670 W Module power up to 670 W  
Module efficiency up to 21.6 %
- Up to 8.9 % lower LCOE  
Up to 4.6 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

**MORE RELIABLE**

- 40 °C lower hot spot temperature, greatly reduce module failure rate
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*

**12 Years** Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship\*

**30 Years** Linear Power Performance Warranty\*

1<sup>st</sup> year power degradation no more than 2%  
Subsequent annual power degradation no more than 0.45%

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

**MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\***

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

**PRODUCT CERTIFICATES\***

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA  
CEC listed (US California) / PSEC (US Florida)  
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68  
Take-e-way

\* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

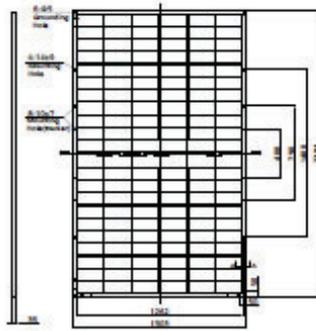
CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 70 GW of premium-quality solar modules across the world.

\* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

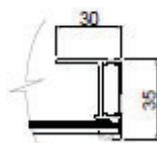
CSI Solar Co., Ltd.  
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

### ENGINEERING DRAWING (mm)

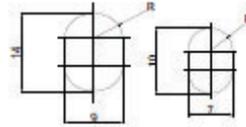
Rear View



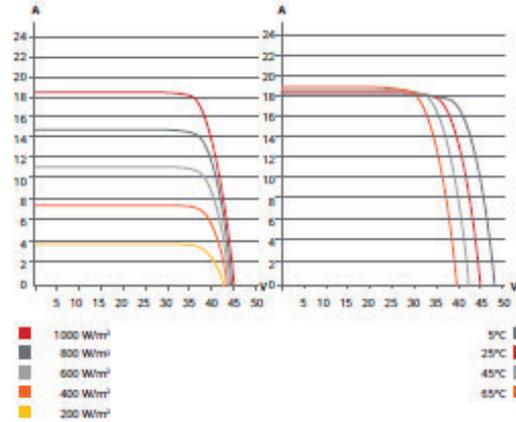
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



### CS7N-650MB-AG / I-V CURVES



### ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
CS7N-640MB-AG	640 W	37.5 V	17.07 A	44.6 V	18.31 A	20.6%
Bifacial Gain**	5%	672 W	37.5 V	17.92 A	44.6 V	21.6%
	10%	704 W	37.5 V	18.78 A	44.6 V	22.7%
	20%	768 W	37.5 V	20.48 A	44.6 V	24.7%
CS7N-645MB-AG	645 W	37.7 V	17.11 A	44.8 V	18.35 A	20.8%
Bifacial Gain**	5%	677 W	37.7 V	17.97 A	44.8 V	21.8%
	10%	710 W	37.7 V	18.84 A	44.8 V	22.9%
	20%	774 W	37.7 V	20.53 A	44.8 V	24.9%
CS7N-650MB-AG	650 W	37.9 V	17.16 A	45.0 V	18.39 A	20.9%
Bifacial Gain**	5%	683 W	37.9 V	18.03 A	45.0 V	22.0%
	10%	715 W	37.9 V	18.88 A	45.0 V	23.0%
	20%	780 W	37.9 V	20.59 A	45.0 V	25.1%
CS7N-655MB-AG	655 W	38.1 V	17.20 A	45.2 V	18.43 A	21.1%
Bifacial Gain**	5%	688 W	38.1 V	18.06 A	45.2 V	22.1%
	10%	721 W	38.1 V	18.93 A	45.2 V	23.2%
	20%	786 W	38.1 V	20.64 A	45.2 V	25.3%
CS7N-660MB-AG	660 W	38.3 V	17.24 A	45.4 V	18.47 A	21.2%
Bifacial Gain**	5%	693 W	38.3 V	18.10 A	45.4 V	22.3%
	10%	726 W	38.3 V	18.96 A	45.4 V	23.4%
	20%	792 W	38.3 V	20.69 A	45.4 V	25.5%
CS7N-665MB-AG	665 W	38.5 V	17.28 A	45.6 V	18.51 A	21.4%
Bifacial Gain**	5%	698 W	38.5 V	18.14 A	45.6 V	22.5%
	10%	732 W	38.5 V	19.02 A	45.6 V	23.6%
	20%	798 W	38.5 V	20.74 A	45.6 V	25.7%
CS7N-670MB-AG	670 W	38.7 V	17.32 A	45.8 V	18.55 A	21.6%
Bifacial Gain**	5%	704 W	38.7 V	18.20 A	45.8 V	22.7%
	10%	737 W	38.7 V	19.05 A	45.8 V	23.7%
	20%	804 W	38.7 V	20.78 A	45.8 V	25.9%

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

\*\* Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

### ELECTRICAL DATA | NMOT\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)
CS7N-640MB-AG	480 W	35.2 V	13.64 A	42.2 V	14.77 A
CS7N-645MB-AG	484 W	35.3 V	13.72 A	42.3 V	14.80 A
CS7N-650MB-AG	487 W	35.5 V	13.74 A	42.5 V	14.83 A
CS7N-655MB-AG	491 W	35.7 V	13.76 A	42.7 V	14.86 A
CS7N-660MB-AG	495 W	35.9 V	13.79 A	42.9 V	14.89 A
CS7N-665MB-AG	499 W	36.1 V	13.83 A	43.1 V	14.93 A
CS7N-670MB-AG	502 W	36.3 V	13.85 A	43.3 V	14.96 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.9 x 51.3 x 1.38 in)
Weight	37.9 kg (83.6 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	31 pieces
Per Container (40' HQ)	527 pieces or 465 pieces (only for US)

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

### ELECTRICAL DATA

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)
Module Fire Performance	TYPE 29 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating	35 A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 10 W
Power Bifaciality*	70 %

\* Power Bifaciality = Pmax<sub>back</sub> / Pmax<sub>front</sub>, both Pmax<sub>back</sub> and Pmax<sub>front</sub> are tested under STC, Bifaciality Tolerance: ± 5 %

\* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

### PARTNER SECTION



June 2022. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V2.4\_EN

## 2.2 Inverter

L'inverter è una parte fondamentale dell'installazione. Esso permette la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici. Le apparecchiature selezionate saranno n. 100 inverter di tipo INGECON SUN 350TL M con potenza nominale di 329 kVA. Tramite gli inverter avviene la trasformazione della corrente continua generata dai moduli fotovoltaici in corrente alternata in bassa tensione (BT). Successivamente, tramite dei trasformatori la corrente in BT viene elevata in media tensione (MT) a 30.000 V. Le cabine di campo sono, a loro volta, collegate alla Standard Box Satellite che riceve la corrente alternata in MT prodotta dall'impianto fotovoltaico per poi veicarla sulla RTN. I cavidotti delle linee BT e MT sono interni all'impianto fotovoltaico, mentre il cavidotto MT a 30.000V passa a lato della viabilità comunale e provinciale esistente.

Ingeteam



### INGECON® SUN 350TL M

Multi-MPPT string inverter with the maximum power density

#### Greater cost-effectiveness

Thanks to its greater output power, the new INGECON® SUN 350TL M allows to drastically reduce the number of inverters required for designing a PV power plant. Thus, it minimises the labour cost and reduces the global cabling cost.

Moreover, it does not require DC combiner boxes, nor AC combiner boxes, ensuring the minimum possible CAPEX (Capital Expenditures). Furthermore, its string inverter philosophy permits an easy and immediate replacement that does not require qualified technicians.

#### Higher flexibility and power density

The highest flexibility thanks to its maximum DC voltage (1,500 V) and to its wide voltage range MPP (250-1,300V). Awesome power density, with up to 350 kW.

#### Long-lasting and rugged design

Aluminium casing, especially conceived for indoor and outdoor applications (IP65). The INGECON® SUN 350 TL M inverters have been designed to guarantee a long life expectancy and to withstand extreme temperatures.

#### Wi-Fi communication as standard

The inverter features Wi-Fi communication as standard. This Wi-Fi interface is used to commission the inverter through the INGECON® SUN Monitor App, available for iOS and Android. A wizard guides the user through the entire start-up process. Moreover, the Wi-Fi interface allows connecting the inverter to any Wi-Fi network available in the plant for monitoring purposes.

#### SPE (Single Pair Ethernet)

The inverter features SPE communication as standard. The SPE offers high-speed IP communication without the 100-meter distance limitation of standard Ethernet. Using SPE, the communication with the inverters can be established up to 1,000 meters. Moreover, these inverters enables daisy chain connection. Thus, several inverters can be connected to the same SPE line. The versatility and possibilities offered by the SPE are an important improvement at the plant's communication network.

#### Remote monitoring

The inverter can be monitored with the [www.ingeconsunmonitor.com](http://www.ingeconsunmonitor.com) website or with the INGECON SUN Monitor App.

ALL-IN-ONE SOLUTION  
for decentralised solar PV plants with multi-MPPT string inverters

## INGECON® SUN 350TL M

### Fully equipped

In order to achieve the maximum performance with the maximum cost-effectiveness, the INGECON® SUN 350TL M inverter is supplied totally equipped with all the electrical protections.

#### Integrated components

Photovoltaic connectors	✓
DC switch (3 units)	✓
DC surge arresters, type II	✓
AC surge arresters, type II	✓
Strings current metering kit	✓
Wi-Fi communication	✓
SPE (Single Pair Ethernet) communication	✓

#### MAIN FEATURES

- 12 MPPTs.
- PID recovery as standard.
- Reactive power injection at night as standard.
- Low-voltage ride-through capability.
- Reactive power capability.
- Compatible with external Cloud Connect software.
- 99.05% maximum efficiency.
- Ethernet and Wi-Fi communications supplied as standard.
- Integrated Webserver.
- Software INGECON® SUN Monitor for PV plant monitoring.
- Suitable for indoor and outdoor installations (IP66).
- High temperature performance.
- One digital input and one digital output.

#### OPTIONAL ACCESSORIES

- Ethernet communication.

#### PROTECTIONS

- Shortcircuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation faults.
- AC overvoltages with type II surge arresters.
- DC overvoltages with type II surge arresters.

#### BENEFITS

- Greater power density.
- Greater cost-effectiveness thanks to the cabling cost reduction.
- High availability compared to central inverters.
- High efficiency rates.
- Easy maintenance.

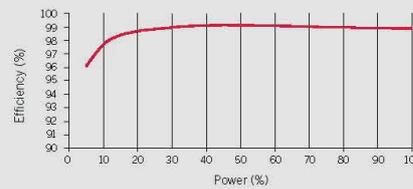


**Ingeteam**

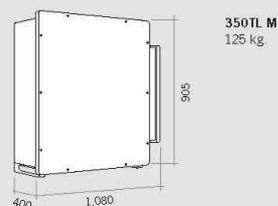
350TL M	
<b>Input (DC)</b>	
Operating voltage range	500 - 1,500 V
MPP voltage range	850 - 1,300 V
Maximum voltage	1,500 V
Maximum current per MPPT	45 A x 12
Number of inputs per MPPT	2
Number of MPPTs	12
<b>Output (AC)</b>	
Rated power @30 °C / 40 °C / 50 °C	346.4 kVA / 329.1 kVA / 296.2 kVA
Maximum current @30 °C / 40 °C / 50 °C	250 A / 237.5 A / 213.75 A
Rated voltage	3 / PE, 800 V
Frequency	50 / 60 Hz
Type of grid	IT
Power factor	1
Power factor adjustable <sup>(1)</sup>	Yes, ±0,8
THD (Total Harmonic Distortion) <sup>(2)</sup>	<3%
<b>Efficiency</b>	
Maximum efficiency	99.06%
Euroefficiency	98.60%
<b>General information</b>	
Cooling system	Forced ventilation
Air flow	900 m³/h
Stand-by consumption	25
Operation temperature	-30 °C to 60 °C
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%
Protection class	IP66 / NEMA 4
Residual current monitoring unit	Yes
Maximum operating altitude	4,000 m
Connection	AC connection: max. cross section: 400 mm² (one cable) DC connection: 6 mm² MC4-Evo2 (10 mm² optional)
Marking	CE
EMC and safety standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, IEC60068-2-1:2007, IEC60068-2-2:20007, IEC60068-2-14:2009, IEC60068-2-30:2005, IEC62116, IEC61683 y EN50530
Grid connection standards	DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50439, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16 VDE-AR-N 4105:2011-08, P.O.12.3, BDEW, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, Brazilian Grid Code, South African Grid Code, Chilean Grid Code, DEWA 2.0, Jordanian Grid Code, G99, VDE-AR-4110, NTS de REE, Directive EU 2016/631

**Notes:** <sup>(1)</sup> Extended adjustment range for nominal working points <sup>(2)</sup> For rated AC power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4.

**Efficiency INGECON® SUN 350TL M**



**Size and weight (mm)**



## 2.3 Trasformatore

L'uscita in AC di ciascun inverter verrà collegata a un trasformatore. Di seguito si riportano le caratteristiche dei trasformatori che trasformeranno l'uscita dell'inverter da 800 V a 30 kV.

ALL-IN-ONE SOLUTION  
for decentralised solar PV plants with multi-MPPT string inverters



### Three-phase oil-insulated step-up transformers

Medium Voltage Transformer / Hermetically Sealed, Completely Filled

Ingeteam provides highly performing three phase oil-insulated step-up transformers. Power ratings are available up to 11.2 MVA, with voltage ratings (MV side) from 10 up to 36 kV.

The transformers are classified as per the IEC 60076 standard, offering the following benefits:

- Reduced power losses.
- Reduced maintenance needs.
- Suitable both for internal or external use.

The voltage value at the secondary winding (LV side) is compatible with the inverter output voltage from 640 V to 920 V.

#### STANDARD FUNCTIONS

- Reduced power losses. Other power losses upon request.
- Electrostatic shield reducing disturbances, distortions and overvoltages.
- DGPT2 / DMCR relay.
- Mineral oil insulation.

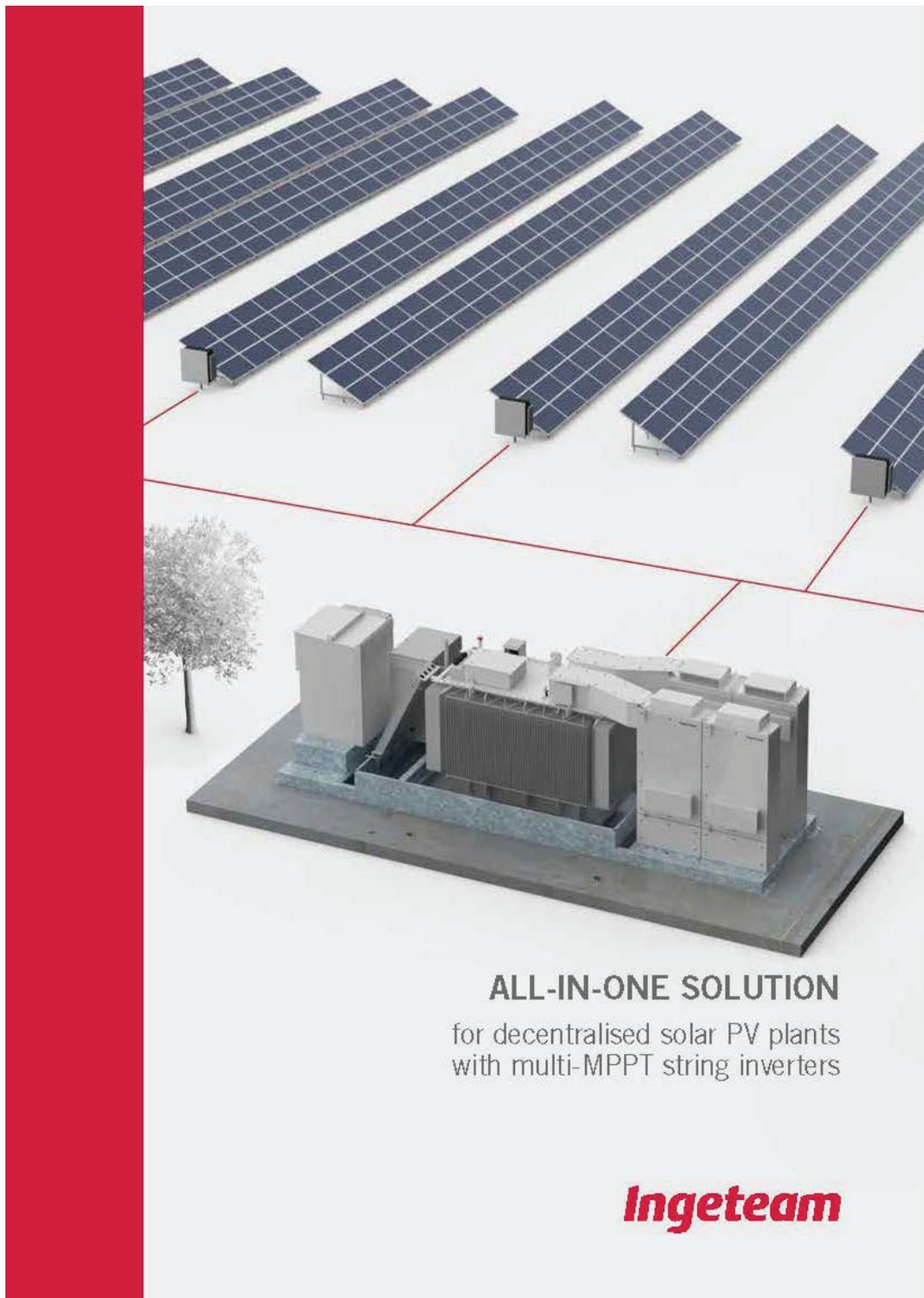
#### FUNCTIONS AVAILABLE UPON REQUEST

- Natural ester dielectric insulation fluid (fire point > 300 °C).
- Copper windings.
- Other functions available upon request.

General information		Step-up Transformer Heretically Sealed, Completely Filled			
Category	Hermetic mineral oil-insulated transformer (vegetable oil insulated upon request)				
Rated frequency	50 / 60 Hz				
Efficiency at rated power	99%				
Primary voltage regulator	± 2 x 2.5%				
Insulation class	Primary winding	12 kV: 12 / 20 / 75 kV	17.5 kV: 17.5 / 30 / 95 kV	24 kV: 24 / 50 / 125 kV	36 kV: 36 / 70 / 170 kV
	Secondary winding	3.6 kV			
Primary / secondary conductive material	Aluminium / Aluminium (Copper optional)				
Vector group	Dy11				
Primary winding	Triangle <sup>Ⓢ</sup>				
Secondary winding	Star				
Max. overtemperature for windings / oil	+65 / +60 K				
No-load current	< 1%				
Max. peak starting current	< 15 x I <sub>N</sub> <sup>Ⓢ</sup>				
Installation	Indoor or outdoor				
Cooling type	ONAN				
Max. altitude above sea level <sup>Ⓢ</sup>	4,500 m				
Short-circuit impedance at 75 °C	8% <sup>Ⓢ</sup>				
General features	Terminal board for primary voltage adjustment, lifting lugs, earthing terminal, electrostatic shield and DGPT2 / DMCR relay				
Notes: <sup>Ⓢ</sup> For different configurations, please contact Ingeteam's solar sales department. <sup>Ⓢ</sup> For installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department.					

## 2.4 Centro Inverter-Trasformatore

Gli inverter verranno posizionati in maniera tale da minimizzare i percorsi dei cavi in DC e, conseguentemente, minimizzare le perdite. Essi verranno fissati direttamente alle strutture tracker, rispettando le prescrizioni del fabbricante. Verrà installato un edificio di trasformazione per ogni gruppo. Per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato. In caso di edifici prefabbricati, verrà installato un sistema di ventilazione forzata che mantenga la temperatura all'interno di valori adeguati per il funzionamento di tutte le apparecchiature.



ALL-IN-ONE SOLUTION  
for decentralised solar PV plants with multi-MPPT string inverters



ALL-IN-ONE SOLUTION  
for decentralised solar PV plants with multi-MPPT string inverters



## MV solution up to 11.2 MW

Medium voltage solution for decentralised PV plants  
with 1,500 V string inverters

MV station designed to connect Ingeteam's 1,500 V string inverters to a medium voltage grid.

### String inverter optimization

The StringStation has been conceived to enable and optimize the use of Ingeteam's INGECON® SUN 350TL M inverters at utility scale, ensuring a perfect connection between the PV power plant and the grid. This turnkey solution is capable of connecting up to 11.2 MW of 1,500 V string inverters to a medium voltage grid.

### Available worldwide

The INGECON® SUN StringStation can be marketed and installed everywhere in the world, as it is supplied totally integrated and it is easily transportable as a Plug & Play solution.

### Equipped with everything necessary

It is supplied with the low-voltage string inverter protections, auxiliary services, step-up transformer and medium-voltage switchgear. Available with SPE (Single Pair Ethernet) and Wi-Fi to communicate with the PV inverters.

The SPE communication allows a high-speed, flexible and ideal option for long distance communication, with no need of external switches or other communication devices.

### Maximum cost-effectiveness

The INGECON® SUN StringStation is a standard solution designed to maximize the compactness and cost-effectiveness of the overall equipment. All the elements are prepared to withstand adverse weather conditions. Moreover, they are supplied pre-connected and pre-integrated into a skid in order to guarantee a Plug & Play installation.

#### FEATURES

- Output power up to 11.2 MW at 30 °C.
- Compatible with INGECON® SUN 350TL M inverters.
- Available up to 34.5 kV output voltage.
- Available with outdoor-mounted hermetically-sealed LV / MV transformer (up to 11.2 MVA).
- IP54-protected MV Switchgear.
- Plug & Play solution.
- Maximum reliability, higher safety.
- Reduced maintenance.
- Relative humidity (non-condensing): 0-100%.
- Max. installation altitude: 4,000 meters above sea level.
- UPS for auxiliary services.
- SPE (Single Pair Ethernet) and Wi-Fi to communicate with the PV inverters.

## TRANSFORMER STATION

to connect up to 11.2 MW of string inverters to a medium voltage grid.

Maximum compactness and cost-effectiveness.

#### AC COMBINER BOX

- Scalable system thanks to its modular design.
- Forced air ventilation.
- General LV protection with AC fuses for each inverter and a general circuit breaker.
- HV surge arresters.

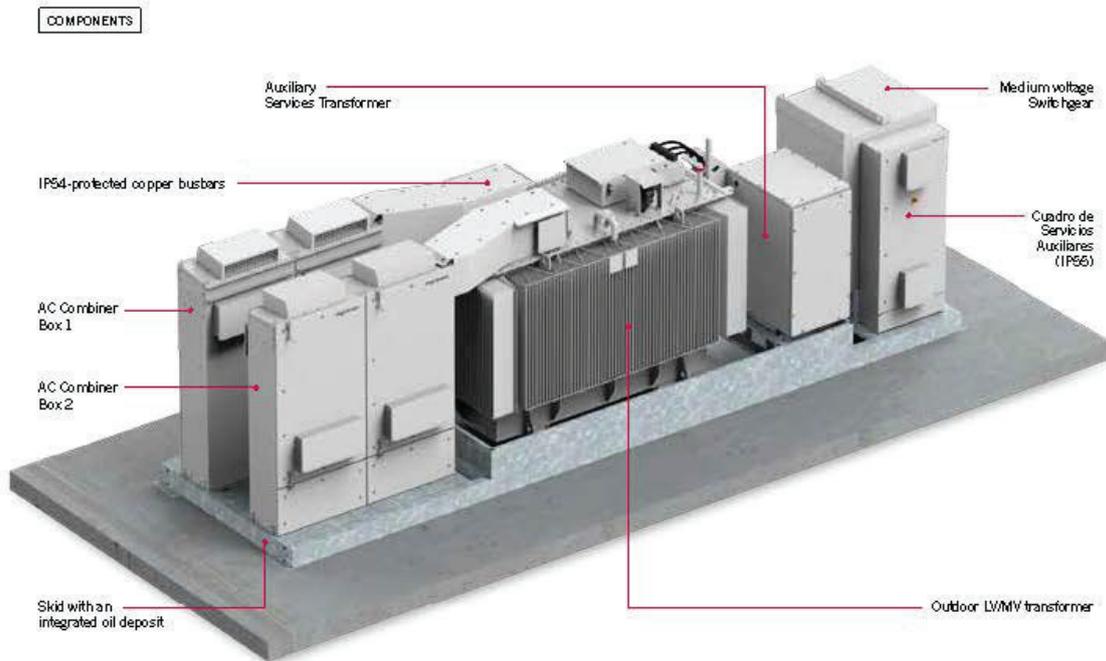
#### STANDARD EQUIPMENT

- Step-up transformer with reduced power losses.
- 1 L1C MV switchgear.
- Protection relay included in the transformer.
- MV protection with circuit breaker.
- Oil deposit integrated in the skid.
- Filtering kit in the oil deposit.

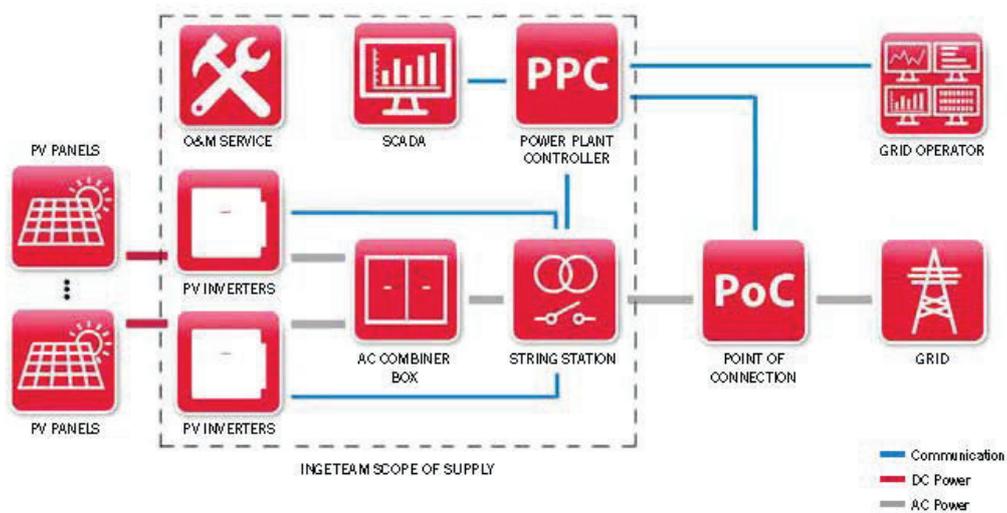
#### OPTIONAL ACCESSORIES

- 2 L1C MV switchgear.

**Ingeteam**



**PV PLANT CONFIGURATION**

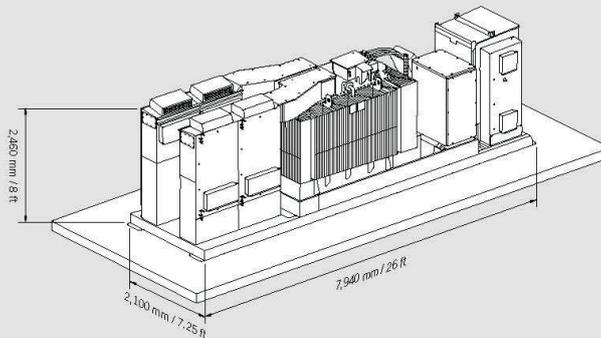


**ALL-IN-ONE SOLUTION**

for decentralised solar PV plants with multi-MPPT string inverters

**INGECON® SUN StringStation**

	SST 1050	SST 2100	SST 3150	SST 4200	SST 5600	SST 8400	SST 11200
<b>AC Combiner box</b>							
<b>Model:</b>							
- Up to 6 inverters	✓	✓					
- Up to 16 inverters			✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Rated power @ 30 °C	1,039.2 kVA	2,078.4 kVA	3,117.6 kVA	4,157 kVA	5,542.4 kVA	8,313.6 kVA	11,084.8 kVA
Max. number of inverters	3	6	9	12	16	24	32
AC current @ 30 °C	750 A	1,500 A	2,250 A	3,000 A	4,000 A	6,000 A	8,000 A
AC voltage	800 V						
Frequency	50 / 60 Hz						
Overcurrent protection	Automatic circuit breaker						
AC max. cross section	400 mm <sup>2</sup> . One cable per terminal						
Cooling system	Forced air ventilation						
Max. power consumption	750 VA						
Protection class	IP54						
<b>Step-up transformer</b>							
Medium voltage	From 20 kV up to 35 kV, 50-60 Hz						
Cooling system	ONAN / KNAN						
Maximum efficiency	99%						
Protection class	IP54						
<b>MV switchgear</b>							
Medium voltage	Up to 34.5 kV						
Rated current	630 A						
Cooling system	Natural air ventilation						
Max. power consumption	0 W						
Protection class	IP54						
<b>General data</b>							
Temperature range	from -20 °C to +50 °C						
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%						
Maximum altitude	4,000 masl (power derating starting at 2,000 masl)						
<b>Equipment</b>							
Inverter version	INGECON® SUN 350TL M						
Auxiliary services panel	Standard version (optional monitoring system)						
Step-up transformer	Oil-immersed hermetically sealed transformer						
MV switchgear	1L1C cells (2L1C optional)						
<b>Mechanical information</b>							
Structure type	Hot dip galvanized steel skid						
Skid dimensions	7,940 x 2,100 x 2,460 mm / 26 x 7.25 x 8 ft						
Weight	7.5 T	8 T	11 T	15 T	17.5 T	21.5 T	25 T
Standards	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1						



## 2.5 Strutture di supporto

I supporti, saranno in acciaio zincato e saranno opportunamente distanziati sia per evitare l'ombreggiamento reciproco, sia per avere lo spazio necessario al passaggio dei mezzi nella fase di installazione. Tale soluzione permette di ottimizzare l'occupazione del territorio massimizzando al contempo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.



**MONOLINE**

### STRUCTURAL & MECHANICAL SPECIFICATIONS

Tracker	Independent-row horizontal single-axis
Rotational range	+/-60°
Motor	DC Motor
Motors per MWp (390 Wp modules)	42.7 (Monoline 2V), 28.5 (Monoline 3H)
Ground cover ratio	30-50%, depending on configuration
Modules supported	All market available modules, including thin film and bifacial
Slope tolerances	N-S: up to 14%, E-W: unlimited
Module configuration	2 modules in portrait / 3 modules in landscape
Module attachment	Direct mount to panel rail (configurable for clamps)
Structural materials	Magnelis / Hot-dipped galvanized steel per ASTM A123 or ISO 1461
Allowable wind load	Tailored to site specific conditions up to 120 mph/193 kph
Grounding system	Self-grounded via serrated fixation hardware
Wind alarm	Yes, stow position in up to 5 minutes
Wind speed sensors	Ultrasonic anemometer
Solar tracking method	Astronomical algorithm
Controller electronics	A central control unit per solar plant. Wireless communication with trackers. Redundancy of wireless gateways to guarantee communication
SCADA interface	Modbus TCP or OPC-UA
Communication protocol	Wireless LoRa
Nighttime stow	Yes, configurable
Backtracking	Yes
In-field manufacturing	No
On-site training and commissioning	Yes, included in tracker supply
Standard warranties	Structure: 10 years. Electromechanical components: 5 years
Certifications	UL3703, IEC 62817
Structural adaptation to local codes	Yes, verified by third-party structural engineers if required

**FLUTTER FREE**  
WIND TUNNEL TEST CERTIFIED  
SPVH



**MONOLINE 3H**  
90 modules per row

**MONOLINE 2V**  
60 modules per row

**MONOLINE 2V BIFACIAL**  
60 modules per row

contact@pvhardware.es  
(+34) 960 918 522

**PVH**

## 2.6 Cablaggi e cavi

La connessione elettrica fra i moduli fotovoltaici avviene tramite cavi (in classe d'isolamento II) terminati all'interno delle cassette di terminazione dei moduli, oppure con connettori rapidi del tipo “multicontact” collegati con altri già assemblati in fabbrica sulle cassette. I cavi, con materiali resistenti ai raggi UV, garantiscono il corretto funzionamento degli impianti fotovoltaici nel corso della loro vita utile (almeno 30 anni). I cavi di energia sono dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione, ma la loro sezione è determinata anche in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio. La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore viene calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8. Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, per posa in aria, e CEI-UNEL 35026, per posa interrata, applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa, è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa. Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione, alla massima corrente di utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8. Le verifiche suddette sono effettuate mediante l'uso delle tabelle CEI-UNEL 35023. I cavi di energia dovranno essere sistemati in maniera da semplificare e minimizzare le operazioni di cablaggio. In particolare, la discesa dei cavi occorre che sia protetta meccanicamente mediante installazione in tubi, il cui collegamento al quadro elettrico e agli inverter avvenga garantendo il mantenimento del livello di protezione degli stessi.

## 2.7 Quadri Elettrici

In ciascuna cabina di trasformazione verrà installato un quadro elettrico generale, il più prossimo possibile al trasformatore, che fornirà alimentazione a tutte le utenze del centro. I quadri saranno di tipo metallico di dimensioni standardizzate, con porta frontale liscia e dotati di segregazione per morsettiere e connessioni. Ciascun quadro sarà dotato di interruttore generale multipolare per ciascuna linea di ingresso che arrivi dal quadro generale. L'interruttore sarà di tipo modulare o scatolato, secondo la taglia richiesta. Ciascun circuito di illuminazione sarà dotato di interruttore magnetotermico differenziale da 30 mA mentre i circuiti relativi agli altri carichi saranno dotati di interruttore magnetotermico differenziale da 300 mA o 500 mA a seconda del caso, in maniera da assicurare le selettività. Tutti gli interruttori e il quadro stesso saranno chiaramente identificati mediante etichette, che riporteranno le informazioni sui circuiti che alimentano. Le connessioni e i cavi saranno anch'essi chiaramente identificati con etichetta e raggruppati ordinatamente tramite fascette.

## 2.8 Sistemi ausiliari

### Sorveglianza e illuminazione

Il sistema di illuminazione e videosorveglianza sarà montato su pali dedicati alti circa 2,8 metri all'interno della recinzione. La fondazione è a palo battuto (con un fuori terra di circa 60/70 cm), cui si fissa il palo della luce/TVCC. Questa soluzione ha anche il vantaggio di costituire una messa a terra naturale del palo e non richiede quindi di realizzare una puntazza dedicata. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale già previsto per il passaggio dei cavidotti dell'impianto agro-fotovoltaico. Nella fase di funzionamento dell'impianto non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale. Le apparecchiature di conversione dell'energia generata dai moduli (inverter e trasformatori), nonché i moduli stessi, non richiedono fonti di alimentazione elettrica. Il funzionamento dell'impianto fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione guasti o manutenzioni ordinarie e straordinarie.

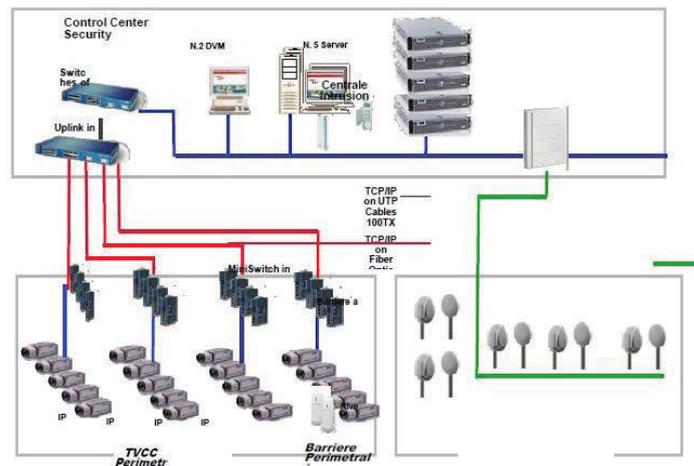


Figura 1 – Schema del Sistema di sorveglianza

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale;
- Illuminazione esterno cabina.

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

#### Illuminazione perimetrale

- Tipo lampada: Led, Pn = 250W
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 160
- Numero palificazioni: 80
- Funzione: illuminazione in caso di manutenzione notturna e/o allarme anti-intrusione
- Distanza media tra i pali: circa 100 m

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

#### **Illuminazione esterno cabina**

- Tipo lampade: Led 100W;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, forma ogivale;
- Numero lampade: 4;
- Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

### 3 SICUREZZA ELETTRICA

#### 3.1 Protezione dalle sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2$$

Dove:

$I_b$  = corrente di impiego del cavo

$I_n$  = corrente nominale dell'interruttore  $I_z$  = portata del cavo

$I_{cc}$  = corrente di cortocircuito

$t$  = tempo di intervento dell'interruttore

$K$  = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo  $S$  = sezione del cavo

#### 3.2 Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

#### 3.3 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- Messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- Scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8.
- Ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella 3:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la  $I_a$  è la corrente differenziale  $I_{\Delta n}$ .

$U_0$  tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt.

U <sub>0</sub> (V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

**Tabella – Tempi massimi di interruzione per sistemi TN**

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa. Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

## 4 COLLEGAMENTO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE

La connessione si compone fisicamente di due impianti:

- Impianto di utenza
- Impianto di rete

La realizzazione della stazione di trasformazione (SE di Utenza – Impianto di Utenza) è prevista nel comune di Tula (SS), individuata nel foglio di mappa n. 4, occupando una porzione della particella n. 198, nei pressi della stazione di rete esistente.



Figura 2 – Stazione Elettrica (SE) esistente denominata “Tula” su Ortofoto



Figura 3 – Inquadramento su base catastale del punto di connessione del futuro impianto FV\_TULA

## Stazione elettrica Utente

La stazione elettrica Utente è costituita da un raggruppamento di diverse singole sezioni di utente, con relativi edifici tecnici adibiti al controllo e alla misura dell'energia prodotta ed immessa in rete. Esternamente alla recinzione, sarà realizzata una strada di servizio, di 4,00 m di larghezza, che si collegherà alla viabilità preesistente. La viabilità di nuova formazione sarà progettata e realizzata nel rispetto dell'ambiente fisico in cui viene inserita; verrà infatti realizzata previo scorticamento del terreno vegetale esistente per circa uno spessore di 40-50 cm, con successiva realizzazione di un sottofondo di ghiaia a gradazione variabile, e posa di uno strato in misto granulare stabilizzato opportunamente compattato. In nessun caso è prevista la posa di conglomerato bituminoso. Per l'ingresso alla stazione, saranno previsti dei cancelli carrabili larghi 7,00 m di tipo scorrevole oltre a dei cancelli di tipo pedonale, entrambi inseriti fra pilastri e puntellature in conglomerato cementizio armato. Sarà inoltre previsto, lungo la recinzione perimetrale della stazione, un ingresso indipendente dell'edificio per il punto di consegna dei servizi di terzi. Le principali apparecchiature MT, costituenti la sezione 150 kV, saranno le seguenti: trasformatori di potenza, interruttore tripolare, sezionatori tripolari orizzontali con lame di messa a terra, trasformatori di corrente e di tensione (induttivi e capacitivi) per misure e protezione. Dette apparecchiature sono rispondenti alle Norme tecniche CEI. Le caratteristiche nominali principali sono le seguenti:

- Tensione massima: 150 kV;
- Trasformatori di Potenza di campo: da 1.000 a 11.000 kVA;
- Rapporto di trasformazione AT/MT: 150+/-10x1,25% / 30 kV;
- Potenza di targa trasformatore in SSE Utente: 50/60 MVA 80/100 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Interruttore tripolare in SF6;
- Sezionatori orizzontali con lame di messa a terra;
- Trasformatori di corrente;
- Trasformatori di tensione capacitivi;
- Trasformatori di tensione induttivi.

Le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

## Disposizione elettromeccanica

L'intera stazione di trasformazione (SE di Utenza) in progetto sarà del tipo con isolamento in aria a doppio sistema di sbarre. Essa sarà complessivamente così costituita:

- Sezione di sbarre a 150 kV;
- Montanti trasformatori 150 kV e misure fiscali;
- Montante di collegamento con impianto di Terna;
- Quadri MT 30 kV;
- Trasformatori di Potenza 150/30 KV.

Ciascun quadro MT è adibito alla raccolta dell'energia prodotta e ognuno di essi afferisce al trasformatore. Per ognuno dei quadri MT è prevista una sezione per il prelievo di energia per i servizi ausiliari di montante e una sezione per un eventuale rifasamento.

Nelle stazioni Rete-Utente sono previsti fabbricati adibiti per:

- Quadri MT e BT;
- Comando e controllo;
- Magazzini;
- L'arrivo MT da produzione fotovoltaica;
- I servizi di telecomunicazione;
- Il locale misure;
- I servizi ausiliari;
- Depositi e locali igienici.

I fabbricati, verranno ubicati lungo le mura perimetrali della stazione di Trasformazione di consegna (SE Utente), ad una distanza minima da ogni parte in tensione non inferiore ai 10 metri. I fabbricati avranno pianta rettangolare con altezza fuori terra di circa 4,00 m e sarà destinato a contenere i quadri di protezione e controllo, i servizi ausiliari, i telecomandi, il locale misura, deposito e servizi igienici e il quadro MT. I fabbricati destinati agli impianti fotovoltaici, e nello specifico per quanto riguarda i relativi quadri MT a 30 kV, risulteranno identici tra loro. I fabbricati saranno realizzati con struttura portante in c.a. e con tamponatura esterna in mattoni forati intonacati; i serramenti saranno di tipo metallico. La copertura dei fabbricati sarà realizzata con un tetto piano. L'impermeabilizzazione del solaio sarà eseguita con l'applicazione di idonee guaine impermeabili in resine elastomeriche. Particolare cura verrà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla legge n. 373 e successivi aggiornamenti, nonché alla legge n.10 del 09/01/91 e s.m.i. Saranno previsti i principali impianti tecnologici come rilevazione fumi e gas, condizionamento, antintrusione, etc. Per le apparecchiature MT sono previste fondazioni in c.a. Inoltre, è prevista la sistemazione del terreno con viabilità interna e recinzione della stazione con pannelli prefabbricati di altezza non inferiore a 2,40 m. Il punto di connessione alla rete sarà raggiunto attraverso un tratto di circa 6.850 metri attraversando strade comunali e vicinali. Il cavidotto di MT verrà realizzato interamente nel sottosuolo ad una profondità rispetto al piano stradale o di campagna non superiore a 1,7 metri. Il cavidotto verrà realizzato interamente nel sottosuolo ad una profondità rispetto al piano stradale o di campagna non superiore a 1,5 metri dalla generatrice superiore del cavidotto per quanto riguarda la linea MT e non superiore a 0,80 mt per quanto riguarda la linea BT.

Percorso del cavidotto interrato con indicazioni dei tratti stradali

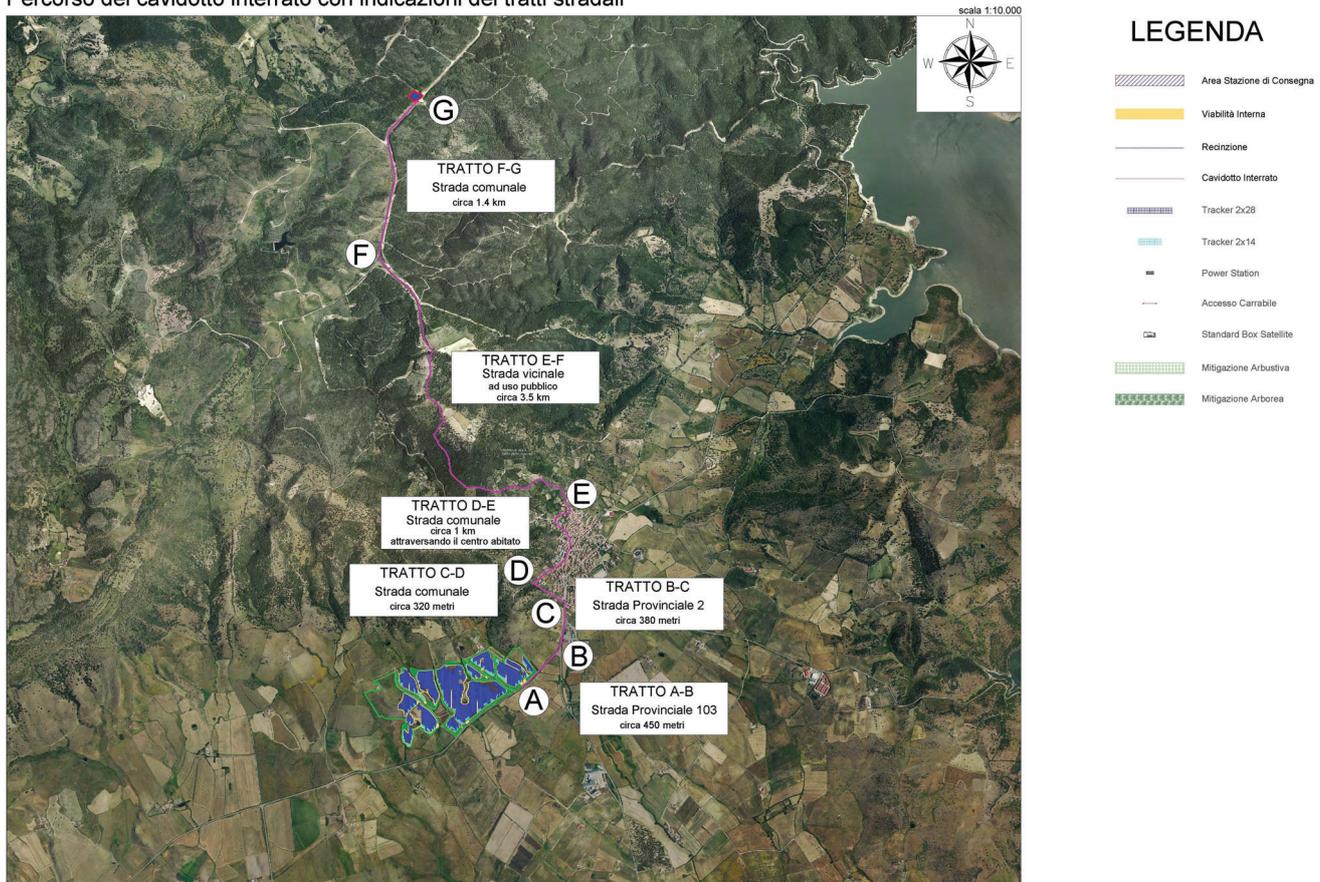


Figura 4 - Percorso del cavidotto di connessione

Gruppi di Misura In un impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete è necessario misurare:

- L'energia prelevata/impressa in rete;
- L'energia fotovoltaica prodotta.

L'impianto fotovoltaico in esame essendo costituito da 10 sottocampi che avranno gruppi di misura dell'energia prodotta, entrambi collocati il più vicino possibile all'inverter, concordati anche con il GSE. Il gruppo di misura, ad inserzione indiretta con TA e TV, dell'energia prelevata/impressa in rete sarà ubicato nel locale misure della cabina di consegna a valle del Dispositivo Generale. I sistemi di misura dell'energia elettrica saranno in grado di rilevare, registrare e trasmettere dati di lettura, per ciascuna ora, dell'energia elettrica immessa/prelevata o prodotta in rete nel punto di installazione del contatore stesso. I sistemi di misura saranno conformi alle disposizioni dell'Autorità dell'energia elettrica e il gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi meccanici di sigillatura che garantiranno manomissioni o alterazioni dei dati di misura.

## 5 SCHEMA DI COLLEGAMENTO

La configurazione utilizzata per il collegamento dei moduli, compatibile con le caratteristiche delle componenti riassunte nei precedenti paragrafi, è riportata nello schema seguente.

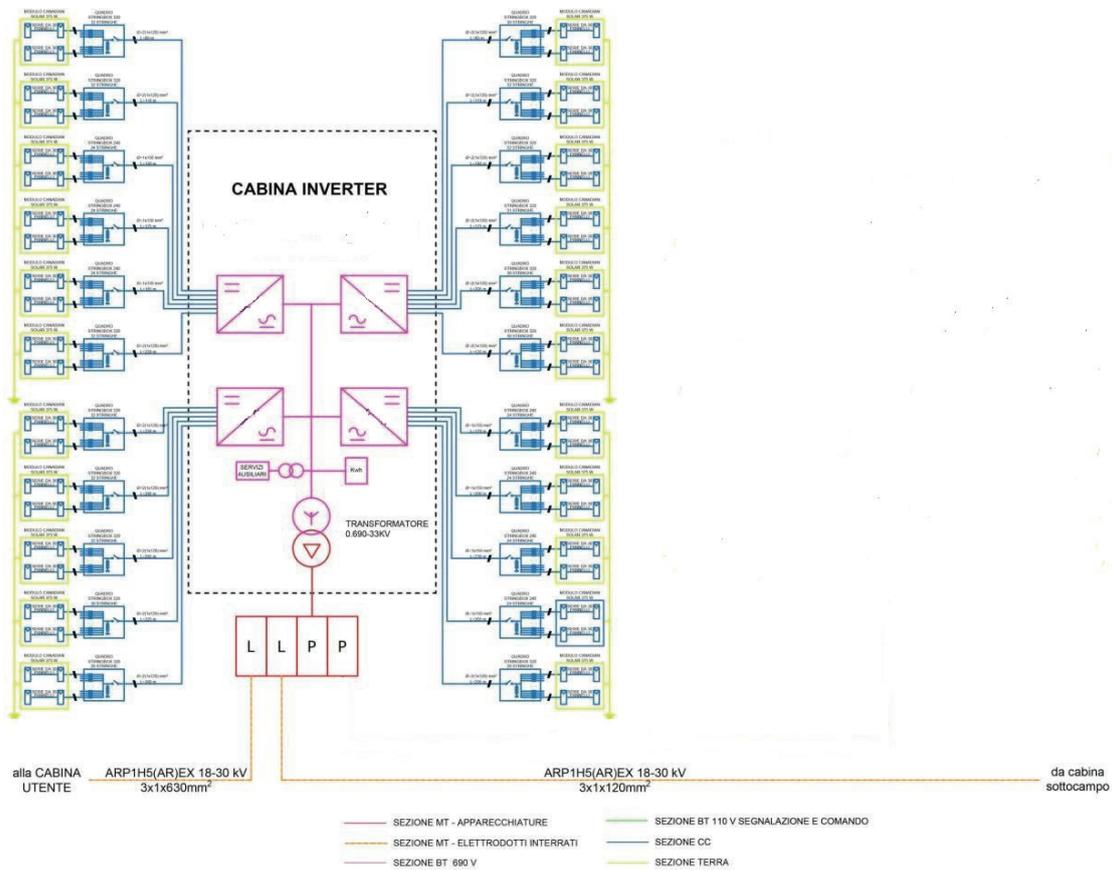


Figura 5 - Schema unifilare di principio dell'impianto fotovoltaico

## 6 GESTIONE IMPIANTO

L'impianto agro-fotovoltaico non richiederà, di per sé, il presidio da parte di personale preposto. Il sistema di controllo dell'impianto avviene tramite due tipologie di seguito meglio descritte. Il “Controllo locale”, si esegue tramite PC centrale, posto in prossimità dell'impianto, grazie ad un software apposito, in grado di monitorare e controllare gli inverter grazie ad una rete multidrop che permette l'invio dei segnali dal campo al PC medesimo. Il “Controllo Remoto”, permette la gestione a distanza dell'impianto con l'ausilio di un modem GPRS e schede Data - Logger montata sull'inverter monitorato. In particolare, quest'ultimo avviene direttamente dalla centrale (servizio di assistenza) con il medesimo software del controllo locale. Le grandezze del sistema che possono essere monitorate attraverso entrambi i sistemi sono le seguenti:

- Potenza dell'inverter;
- Tensione/i di campo dell'inverter;
- Corrente/i di campo dell'inverter;
- Radiazioni solari;
- Temperatura ambiente;
- Letture di energia attiva e reattiva prodotte.

## 7 CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI MT

I conduttori utilizzati nell’impianto in oggetto avranno le seguenti caratteristiche tecniche.

### 7.1 Cavi MT

I cavi per le linee MT a 30 kV avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: ARG7H1RNRX, ARG7H1RN
- Grado di isolamento : 18/30 kV
- Tensione nominale: 30 kV
- Conduttori a corda rigida compatta di alluminio
- Formazioni : come da progetto
- Sezioni: come da progetto

### 7.2 Normativa di riferimento

È richiesta la totale rispondenza alle normative EC 794-1 di seguito elencate:

- E1, E3, E4, E6, E7, E11, F1;
- F5 con riferimento alla possibilità del fornitore, di poter eseguire la prova che dimostri che la penetrazione all'acqua, con 0.1 bar di pressione, sia inferiore ad 1 metro in 14 giorni.

Su richiesta del committente, il costruttore deve poter effettuare presso i propri stabilimenti o Istituti riconosciuti, tutti i test sopra prescritti.

### 7.3 Giunzioni, terminazioni e attestazioni

#### 7.3.1 Giunzione cavi MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile, si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni. Convenzionalmente si definisce “giunzione” la giunzione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo, pertanto ogni giunzione si intende costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Tutti i materiali occorrenti e le attività di giunzione sono a carico dell’Appaltatore. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti. L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione.

In particolare occorre:

- Prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- Non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- Utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici (o consegnate delle schede) per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'appaltatore, l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

### 7.3.2 Terminazione ed attestazione cavi MT

Tutti i cavi MT posati in impianto dovranno essere terminati da entrambe le estremità. I terminali adatti ai tipi di cavi adottati verranno forniti in conto lavorazione dalla ditta appaltatrice incaricata dei lavori. L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato seguendo scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito sia alle modalità sia alle attrezzature necessarie. Convenzionalmente si definiscono “terminazioni” ed “attestazioni” la terminazione e attestazione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo. Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, l'Appaltatore deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare: Appaltatore, Esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T). La maggior parte dei cavi per l'impianto di media tensione a 30 kV saranno in alluminio di tipo unipolare schermati armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà messa a terra in uno dei seguenti modi:

- Tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- Tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- Tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35 mm<sup>2</sup>.

## 7.4 Modalità di posa

### 7.4.1 Generalità

Tutte le linee elettriche e in fibra ottica oggetto della presente committenza saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, dove indicato, posati all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento di progetto. I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,5 m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di spessore variabile, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copri cavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- Scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicata nel documento di progetto;
- Posa dei conduttori e/o fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento di progetto;
- Reinterro parziale con sabbia vagliata;
- Posa dei tegoli protettivi;
- Reinterro con terreno di scavo;
- Inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Le ulteriori prescrizioni per le opere di tipo civile sono riportate nel capitolato delle opere civili; comunque la posa dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto delle normative vigenti.

#### 7.4.2 Modalità di posa dei cavi MT

I cavi MT dell'impianto saranno allettati direttamente nello strato di sabbia vagliata come descritto nel paragrafo precedente. Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- Tracciato delle linee: il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
- Posa diretta in trincea: La posa del cavo può essere effettuato secondo i due metodi seguenti:
  - A bobina fissa: da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura. La bobina deve essere posta sull'apposito alza bobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.
  - A bobina mobile: da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro porta bobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo. L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.
- Temperatura di posa: Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C
- Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro che devono essere applicati ai cavi non devono superare i 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in rame e i 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in alluminio.
- Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a quanto descritto nella seguente tabella.

SIGLE CAVI: - ARG7H1RNR X, - ARG7H1RNR, - RG7H1RNR X, - RG7H1RNR	Raggio minimo di curvatura per garantire le caratteristiche elettriche del cavo (cm)							
Sezione del cavo	3x1x50	3x1x70	3x1x95	3x1x120	3x1x150	3x1x185	3x1x240	
Cavo avvolto ad elica	81	87	91	94	98	102	108	
Sezione del cavo	1x120	1x150	1x185	1x240	1x300	1x400	1x500	1x630
Cavo unipolare	63	65	68	72	75	80	85	91

- Messa a terra degli schermi metallici: Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea è vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

## 8 CAMPI ELETTRICI DELLE OPERE CONNESSE

### 8.1 Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Visto l'impianto fotovoltaico, è stato esaminato come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posta in parallelo, alla distanza di circa 25 cm con una analoga terna di cavi MT che trasporta verso la medesima stazione di utenza, l'intera potenza di un impianto FV non lontano da quello in esame, caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure.

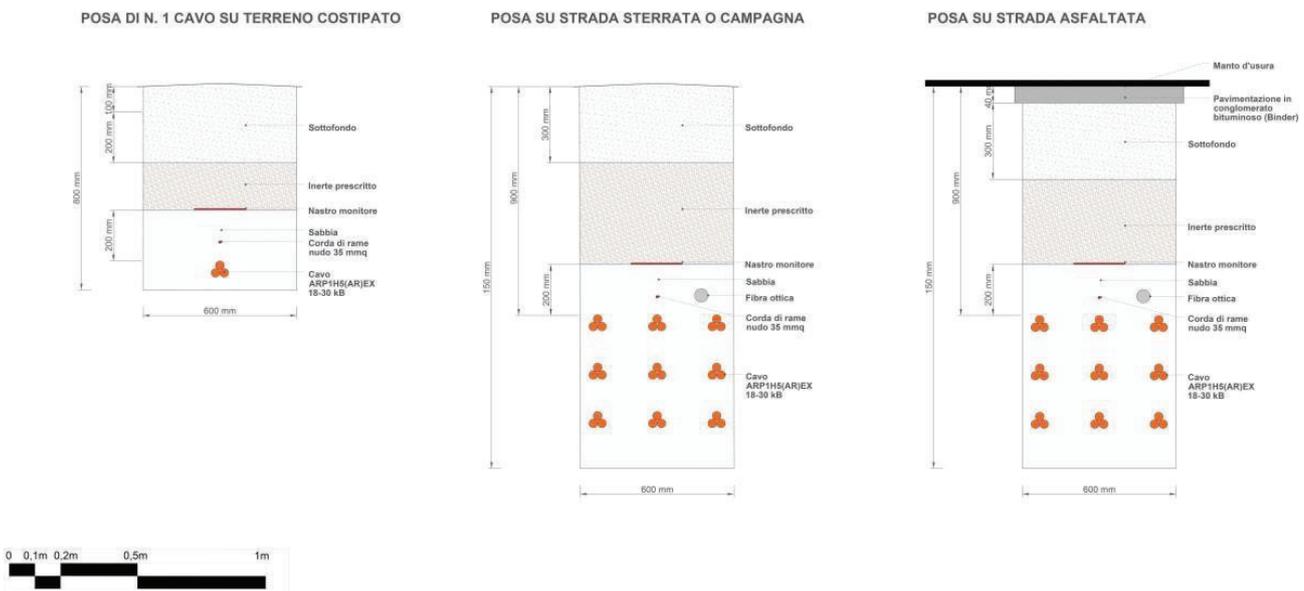


Figura 6 - Sezione tipica di posa della linea in cavo

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 30 kV che trasferiscono l'intera potenza dei due impianti FV verso la stazione di utenza. Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento della cabina d'impianto al quadro MT della stazione d'utenza, si prevede invece l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>, posati a trifoglio. La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b,max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{34,8186 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 705,35 A$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 705 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze. Nella seguente figura 4 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative a due differenti impianti fotovoltaici, nella medesima trincea. Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

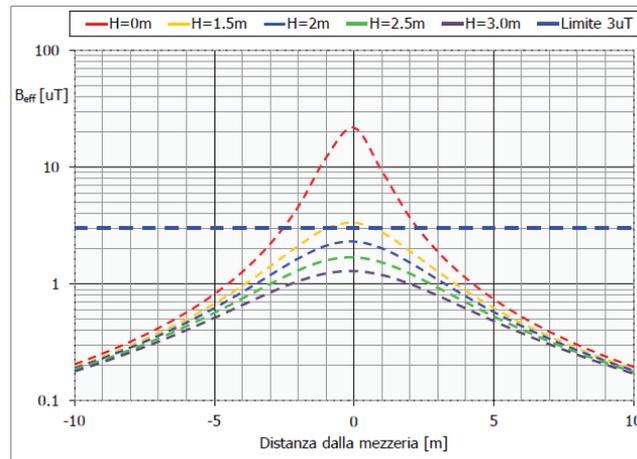


Figura 7 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto. È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari a 405 A nelle condizioni di massima erogazione, per entrambe le terne. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle due terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 405 A. In tal caso il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

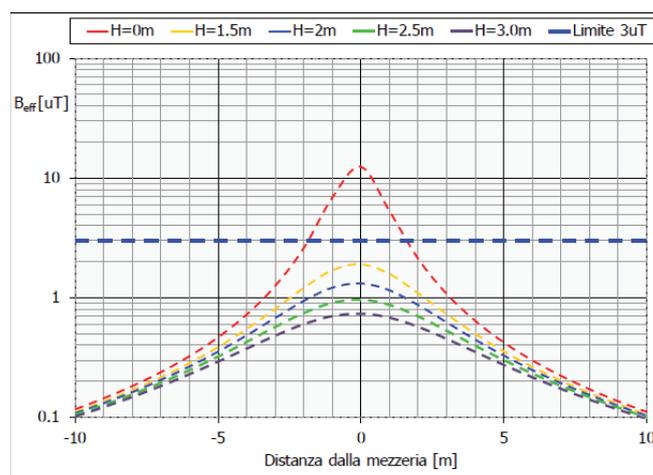


Figura 8 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a  $3 \mu\text{T}$  in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali ricettori all'interno della fascia calcolata.

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 710 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

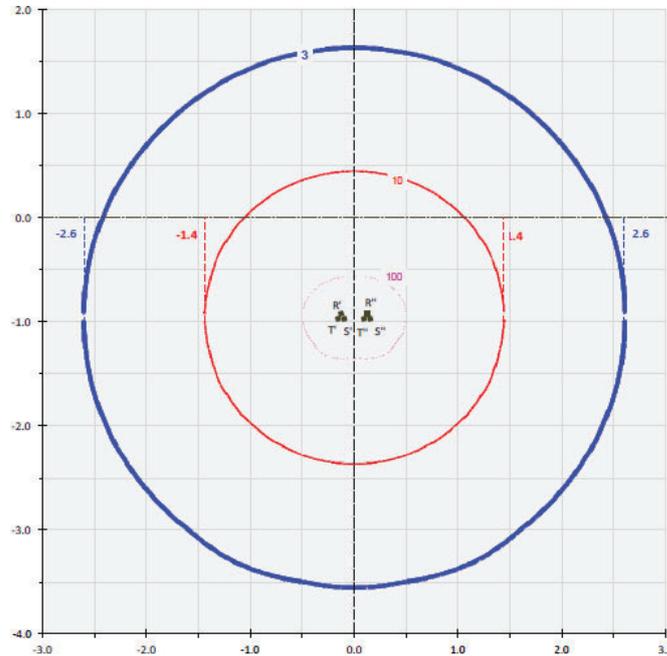


Figura 9 - Curve di equivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio ( $I_{max}=710A$ ; formazione (3x1x630))

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

## 9 PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

In un tipo di impianto, così complesso, come una centrale solare, è necessario valutare il rischio dei danni da fulminazione in conformità alla CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) e di rispettare le conclusioni risultanti nella progettazione. La protezione di una centrale solare ha lo scopo di proteggere sia l'edificio operativo, che il campo dei pannelli contro i danni da incendio (fulminazione diretta) e i sistemi elettrici ed elettronici (inverter, sistema di supervisione, condotta principale del generatore) contro l'effetto dell'impulso elettromagnetico del fulmine (LEMP). La prima misura di protezione da adottare, suggerita congiuntamente dalla Norma CEI 82-4:1998 (CEI EN 61173) e dalla Norma CEI 81-10/4:2006 (CEI EN 62305-4), consiste nel ridurre i fenomeni induttivi su entrambi i circuiti (quello DC e quello AC) del sistema fotovoltaico. Per ottenere tale riduzione è necessario adottare cavi di lunghezza più breve possibile. Ad esempio, nel lato DC dell'impianto si può cercare di ridurre la lunghezza dei cavi dei poli positivo e negativo, che dovrebbero anche essere avvolti insieme per ridurre la superficie delle spire; mentre nel lato AC si possono ridurre le lunghezze del conduttore di protezione PE e dei conduttori di fase e neutro, che dovrebbero a loro volta, essere avvolti insieme in modo da evitare inutili spire di grande superficie nel sistema. Una simile misura di protezione, viene definita precauzione di posa dalla Norma CEI 81-10/2:2006 (CEI EN 62305-2). Per ottenere una precauzione di posa più efficace, è necessario che l'area delle spire dovute ai cavi di interconnessione (lato DC) e di potenza (lato AC) non ecceda complessivamente 0,5 m<sup>2</sup>, secondo la Norma CEI 81-10/2:2006 (CEI EN 62305-2); sfortunatamente tale valore non sembra facile da raggiungere, principalmente a causa della scatola di giunzione dei pannelli solari (denominata Junction-Box) con cavi di interconnessione (poli positivo e negativo) che distano 10 cm tra di loro e sono lunghi ciascuno circa 1m. Invece l'adozione di precauzioni di posa nel lato AC, tra l'inverter e il trasformatore, è più semplice da ottenere. Il fatto che l'area delle spire dal lato DC sia difficilmente riducibile al di sotto di certi valori pone l'inverter, dal lato DC del sistema, a rischio di guasti dovuti a sovratensioni. Usando le formule per valutare la tensione indotta ( $U_i$ ), come suggerito dall'Allegato A della Norma CEI 81-10/4:2006 (CEI EN 62305-4), è possibile calcolare il numero di moduli connessi in serie/parallelo che formano una spira di area sufficiente ad avere una  $U_i$  maggiore di 1,5 kV causata da un fulmine vicino (distanza 250 m;  $I_{MAX} = 30$  kA;  $T_1 = 0,25$   $\mu$ s). Per un numero elevato di moduli, come nel nostro caso, o si utilizzano cavi schermati oppure si ricorre all'utilizzo di idonei SPD (Surge Protection Device), progettato per un Lightning protection level (LPL) di tipo I, in modo da ridurre al minimo la componente di molto la componente di rischio. L'installazione degli SPD dovrebbe avvenire all'ingresso dell'inverter. Se gli SPD sono installati solo all'ingresso dell'inverter, e non sono state adottate precauzioni di posa, potrebbero indursi sovratensione non sufficientemente alte da innescare tali dispositivi, ma abbastanza elevate da cortocircuitare i diodi di bypass dei moduli (che impediscono alla tensione di essere assorbita dal modulo in caso di illuminazione insufficiente). Per evitare un tale inconveniente, devono essere adottati diodi di bypass con tensione inversa il più possibile elevata (1 kV o maggiore) e, se il campo di pannelli solari adottando precauzioni di posa addizionali. Il dimensionamento dei sistemi di Protezione dalle Scariche Atmosferiche è redatto ai sensi della Norma CEI 81-10.