

PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO  
"LAGNANO"  
CON POTENZA PARI A 41,28 MWp  
NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)

TITOLO

RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI				
 <p><b>PHEEDRA S.r.l.</b> via Lago di Nemi n.90 74121 - Taranto Tel.: 099.7722302 Fax: 099.9870285 PEC: info@pec.pheedra.it e-mail: info@pheedra.it web: www.pheedra.it</p> <p>Commissa 21_25_PV_LGN Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci</p> <table border="1"><tr><td colspan="2">ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO</td></tr><tr><td>Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851</td><td>Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione</td></tr></table>	ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO		Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851	Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione	<p><b>INERGIA SOLARE S.r.l.</b></p> <p><b>Sede legale e Amministrativa:</b> Piazza Manifattura n.1 38068 Rovereto (TN) Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011 PEC: direzione.inergiasolare@legalmail.it</p>	
ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO						
Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851	Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione					

PROGETTAZIONE


Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
-	A4	FV-LAG-CIV-REL-19	a	FV-LAG-CIV-REL-19_a - Relazione impianti elettrici.pdf	1

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	Gennaio 2023	Prima Emissione	A. Micolucci	A. Corradetti	R. Cairoli

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## SOMMARIO

<b>1. DESCRIZIONE TECNICA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2. QUADRO RIASSUNTIVO IMPIANTO</b> .....	<b>3</b>
1.2.1. Cabina Inverter/trafo (Power Station) .....	8
1.2.2. Sottostazione di trasformazione AT/MT 150/30 kV .....	8
<b>2. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. VERIFICA TENSIONE AL VARIARE DELLA TEMPERATURA IN C.C.</b> .....	<b>13</b>
2.1.1. Portata dei cavi in regime permanente .....	15
2.1.2. Protezione contro il corto circuito .....	15
<b>2.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI</b> .....	<b>16</b>
2.3.1. Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra .....	16
<b>2.4. MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA</b> .....	<b>17</b>
2.4.1. Dispositivo di generatore .....	17
2.4.2. Dispositivo di interfaccia .....	17
2.4.3. Dispositivo generale .....	17
<b>2.5. COLLEGAMENTI ELETTRICI</b> .....	<b>18</b>
<b>2.6. OPERE ELETTROMECCANICHE</b> .....	<b>18</b>
<b>3. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO AT</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. DESCRIZIONE GENERALE</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3. TIPOLOGIA DI POSA</b> .....	<b>21</b>
<b>4. DESCRIZIONE ELETTRODOTTI MT INTERNI ALL'IMPIANTO</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO</b> .....	<b>21</b>
4.1.1. Tensioni nominali .....	21
4.1.2. Portata dei Cavi .....	22
4.1.3. Caduta di tensione .....	23
<b>4.2. MODALITÀ DI POSA</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3. QUALITÀ DEI MATERIALI</b> .....	<b>24</b>
<b>5. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE CONTINUA</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1. TENSIONE NOMINALE</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2. PORTATA DEI CAVI</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3. CADUTA DI TENSIONE</b> .....	<b>27</b>
<b>6. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE ALTERNATA</b> .....	<b>27</b>
<b>6.1. MODALITÀ DI POSA</b> .....	<b>28</b>
<b>6.2. QUALITÀ DEI MATERIALI</b> .....	<b>29</b>
<b>7. CIRCUITI AUSILIARI</b> .....	<b>31</b>
<b>7.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>31</b>
<b>7.2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA E ALLARME</b> .....	<b>32</b>
<b>7.3. ILLUMINAZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO</b> .....	<b>32</b>
<b>8. VALUTAZIONE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE</b> .....	<b>33</b>
<b>8.1. FULMINAZIONE DIRETTA</b> .....	<b>33</b>
<b>8.2. FULMINAZIONE INDIRETTA</b> .....	<b>34</b>
8.2.1. Protezione contro le sovratensioni .....	34
<b>8.3. MISURE DI PROTEZIONE FACOLTATIVE</b> .....	<b>36</b>
<b>8.4. CONCLUSIONI</b> .....	<b>36</b>

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 1. DESCRIZIONE TECNICA

### 1.1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico da circa 41,28 MW da installare in agro del Comune di Ascoli Satriano (FG), in località Lagnano, con opere di connessione ricadenti nei Comuni di Ascoli Satriano (FG), Cerignola (FG) e Stornara (FG).

L'impianto agrivoltaico sarà collegato, mediante un cavidotto in media tensione interrato, alla Stazione Elettrica a 150 kV della RTN di Stornara mediante gli impianti esistenti della Società Parco Eolico Stornara Srl così come definito da preventivo di connessione di Terna SpA codice pratica n. 201901490 del 12/03/2020.

Il progetto prevede l'installazione di n. **67.680** pannelli fotovoltaici di potenza nominale unitaria pari a 610 W, per una capacità complessiva di circa **41,28 MW**.

I pannelli fotovoltaici saranno installati su strutture di sostegno di tipo mover monoassiali. La configurazione d'impianto prevede strutture del tipo a doppia fila di pannelli, con sostegno di tipo a pali infissi, così come si evince dagli elaborati grafici di progetto. Per tale progetto si sono prese in considerazione strutture tracker tipo Convert (o similari) che garantiscono un range di rotazione est/ovest di +/- 55°, oltre ad una copertura ottimale dell'area d'intervento grazie alla loro modularità. Il Pannello agrivoltaico preso in considerazione per tale progetto è il Tiger Neo N-type da 610 Wp della Jinko Solar (o similare).

Gli inverter previsti sono in numero di **22** e saranno in grado di gestire ogni ingresso con un distinto inseguitore MPP. Ogni stringa sarà realizzata collegando in serie 24 moduli in modo da ottenere la tensione e la corrente ottimale all'ingresso di ciascuno degli inverter previsti.

Il generatore agrivoltaico sarà suddiviso su **421** quadri di parallelo, secondo gli schemi riportati negli elaborati grafici allegati; le stringhe di ciascun sottocampo saranno attestate in numero di 12/14 su un proprio quadro di parallelo (per il sezionamento delle stringhe, la protezione da sovratensione e da correnti di ricircolo) prevedendo l'impiego di idonei scaricatori, tra ciascuna polarità e la terra. Tutte le connessioni esterne, realizzate con connettori unipolari per la sezione c.c., dovranno presentare un grado di protezione non inferiore a IP65.

L'inverter ha come tensione di riferimento quella della rete elettrica alla quale è collegato: pertanto non è in grado di erogare energia sulla rete qualora in questa non vi sia tensione.

I convertitori statici saranno posizionati al coperto all'interno di cabine elettriche predisposte, mentre i quadri di parallelo sono fissati all'esterno alle strutture di sostegno.

### 1.2. QUADRO RIASSUNTIVO IMPIANTO

Numero totale sottocampi: **22**

Numero totale di stringhe (da 24 moduli fotovoltaici): **2820**

Numero totale di quadri di parallelo (da 12/14 stringhe): **421**

Numero totale di moduli fotovoltaici: **67.680**

#### Dati caratteristici di stringa

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 3 di 36
---	---	----------------

<b>Committente</b> INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO</b> <b>"LAGNANO"</b> <b>CON POTENZA PARI A 41,28 MWp</b> <b>NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)</b>	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
--	---	--

- Numero stringhe con moduli da 610 W: **2820**
- Numero totale di moduli in serie: **24**
- Potenza di picco [kWp]: **14,64**
- Tensione nominale [V]: **1094,4**
- Tensione a circuito aperto [V]: **1327,44**
- Corrente nominale [A]: **13,38**
- Corrente di corto circuito [A]: **14,03**

### Specifiche tecniche dei moduli fotovoltaici

[www.jinkosolar.com](http://www.jinkosolar.com)



# Tiger Neo N-type

## 78HL4-BDV

### 590-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

#### N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

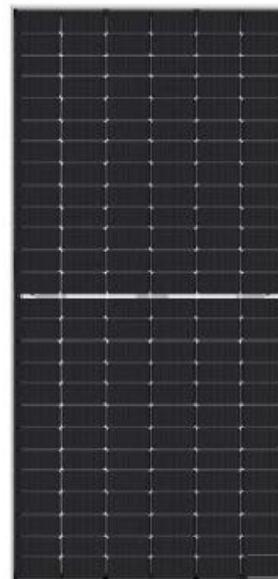
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



#### Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2465x1134x35mm (97.05x44.65x1.38 inch)
Weight	34.6kg (76.28 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

#### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM610N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	610Wp	459Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.60V	42.35V
Maximum Power Current (Imp)	13.38A	10.83A
Open-circuit Voltage (Voc)	55.31V	52.54V
Short-circuit Current (Isc)	14.03A	11.33A
Module Efficiency STC (%)	21.82%	

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file: <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

**Specifiche tecniche delle Power Station (inverter e trasformatore)**

MV POWER STATION  
 2660-S2 / 2800-S2 / 2930-S2 / 3060-S2



<b>Committente</b> INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO</b> <b>"LAGNANO"</b> <b>CON POTENZA PARI A 41,28 MWp</b> <b>NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)</b>	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
--	---	--

Technical Data	MVPS 2660-S2	MVPS 2800-S2
<b>Input (DC)</b>		
Available inverters	1 x SC 2660 UP / 1 x SCS 2300 UP-XT	1 x SC 2800 UP / 1 x SCS 2400 UP-XT
Max. input voltage	1500 V	1500 V
Number of DC inputs	dependent on the selected inverters	
Integrated zone monitoring	○	
Available DC fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
<b>Output (AC) on the medium-voltage side</b>		
Rated power at SC UP (at -25°C to +35°C / 40°C optional 50°C) <sup>1)</sup>	2667 kVA / 2400 kVA	2800 kVA / 2520 kVA
Charging power at SCS UP-XT (at -25°C to +25°C / 40°C optional 50°C) <sup>1)</sup>	2390 kVA / 2000 kVA	2515 kVA / 2100 kVA
Discharging power at SCS UP-XT (at -25°C to +25°C / 40°C optional 50°C) <sup>1)</sup>	2665 kVA / 2270 kVA	2800 kVA / 2380 kVA
Typical nominal AC voltages	10 kV to 35 kV	10 kV to 35 kV
AC power frequency	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Transformer vector group Dy11 / YNd11 / YNy0	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Transformer cooling methods	KNAN <sup>2)</sup>	KNAN <sup>2)</sup>
Transformer no-load losses Standard / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Transformer short-circuit losses Standard / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Max. total harmonic distortion	< 3%	
Reactive power feed-in (up to 60% of nominal power)	○	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
<b>Inverter efficiency</b>		
Max. efficiency <sup>3)</sup> / European efficiency <sup>3)</sup> / CEC weighted efficiency <sup>4)</sup>	98.7% / 98.6% / 98.5%	98.7% / 98.6% / 98.5%
<b>Protective devices</b>		
Input-side disconnection point	DC load-break switch	
Output-side disconnection point	Medium-voltage vacuum circuit breaker	
DC overvoltage protection	Surge arrester type I	
Galvanic isolation	●	
Internal arc classification medium-voltage control room (according to IEC 62271-202)	IAC A 20 kA 1 s	
<b>General Data</b>		
Dimensions [W / H / D]	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm	
Weight	< 18 t	
Self-consumption (max. / partial load / average) <sup>1)</sup>	< 8.1 kW / < 1.8 kW / < 2.0 kW	
Self-consumption (stand-by) <sup>1)</sup>	< 370 W	
Ambient temperature -25°C to +45°C / -25°C to +55°C / -40°C to +45°C	● / ○ / ○	
Degree of protection according to IEC 60529	Control rooms IP23D, inverter electronics IP54	
Environment: standard / harsh	● / ○	
Degree of protection according to IEC 60721-3-4 [4C1, 4S2 / 4C2, 4S4]	● / ○	
Maximum permissible value for relative humidity	95% (for 2 months/year)	
Max. operating altitude above mean sea level 1000 m / 2000 m	● / ○	
Fresh air consumption of inverter	6500 m <sup>3</sup> /h	

<b>Committente</b> INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO</b> <b>"LAGNANO"</b> <b>CON POTENZA PARI A 41,28 MWp</b> <b>NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)</b>	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
--	---	--

## Specifiche tecniche inverter

Technical Data	Sunny Central 2660 UP	Sunny Central 2800 UP
<b>DC side</b>		
MPP voltage range $V_{DC}$ (at 25 °C / at 50 °C)	880 V to 1325 V / 1100 V	921 V to 1325 V / 1100 V
Min. DC voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, Start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Max. DC voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V
Max. DC current $I_{DC, max}$ / with DC coupling	3200 A / 4800 A	3200 A / 4800 A
Max. short-circuit current $I_{DC, SC}$	8400 A	8400 A
Number of DC inputs	Busbar with 26 connections per terminal, 24 double pole fused (32 single pole fused)	
Number of DC inputs with optional DC battery coupling	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV and 6 double pole fused for batteries	
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>	
Integrated zone monitoring	○	
Available PV fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Available battery fuse size (per input)	750 A	
<b>AC side</b>		
Nominal AC power at $\cos \varphi = 1$ (at 35 °C / at 50 °C) <sup>12)</sup>	2667 kVA / 2400 kVA	2800 kVA / 2520 kVA
Nominal AC active power at $\cos \varphi = 0.8$ (at 35 °C / at 50 °C) <sup>12)</sup>	2134 kW / 1920 kW	2240 kW / 2016 kW
Nominal AC current $I_{AC, nom}$ (at 35 °C / at 50 °C) <sup>12)</sup>	2566 A / 2309 A	2566 A / 2309 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range <sup>1) 8)</sup>	600 V / 480 V to 720 V	630 V / 504 V to 756 V
AC power frequency / range	50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals <sup>9)</sup>	> 2	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable <sup>8) 10)</sup>	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency <sup>2)</sup> / European efficiency <sup>2)</sup> / CEC efficiency <sup>3)</sup>	98.7%* / 98.6%* / 98.5%*	98.7%* / 98.6%* / 98.5%*

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 1.2.1. Cabina Inverter/trafo (Power Station)

Le cabine inverter/trafo, in numero di 22 unità poste nell'area dell'impianto agrivoltaico, sono il punto dove convergeranno i cavi provenienti dai quadri di parallelo disposti nelle immediate vicinanze delle strutture di sostegno.

Il manufatto sarà di tipo prefabbricato e sarà realizzato in modo da avere un grado di protezione IP 33 verso l'interno. Le dimensioni di ingombro saranno quelle prescritte nei disegni facenti parte del progetto e sarà realizzato con una struttura monoblocco in cemento armato vibrato, con pareti interne lisce senza nervature. La posa in opera del manufatto verrà fatta su un idonea vasca prefabbricata. Sul pavimento verranno praticate delle aperture al fine di consentire l'accesso ai cavi. Il pavimento sarà perfettamente piano, sufficientemente rifinito, antisdrucchiolo e in grado di sostenere tutti i carichi fissi e mobili (7000 kg/m<sup>2</sup>) previsti sia durante il servizio sia in fase di montaggio. La copertura del manufatto sarà realizzata in unica falda impermeabilizzata con guaina ardesiata bituminosa applicata a caldo avente spessore minimo di 4 mm.

Le porte di accesso saranno fornite in opera e avranno le seguenti caratteristiche e dotazioni:

- ante apribili verso l'esterno;
- targa monitoria di sicurezza (divieto di accesso, divieto di spengere incendi con acqua e pericolo elettrico);
- dimensioni indicate nella specifica tecnica ENEL DS 919;
- serratura della porta come da specifica tecnica ENEL DS 998.

All'interno di ogni manufatto sarà installato un gruppo inverter tipo Sunny Central della SMA (o similare) ed un gruppo trafo BT/MT fornito in package da SMA (o similare). Tali apparecchiature le cui caratteristiche sono indicate nelle schede tecniche riportate nel paragrafo precedente e negli elaborati grafici allegati al progetto, saranno opportunamente disposti all'interno dell'involucro in modo da consentirne le ottimali condizioni di funzionamento e di manutenzione.

Saranno installate inoltre le opportune apparecchiature di protezione dei cavi CC provenienti dai quadri di parallelo e dei cavi MT uscenti dal trasformatore.

La cabina elettrica sarà inoltre dotata di impianto elettrico BT per l'alimentazione dei circuiti ausiliari di cabina.

### 1.2.2. Sottostazione di trasformazione AT/MT 150/30 kV

L'impianto agrivoltaico in progetto sarà connesso alla RTN 150 kV di Terna cui conferirà tutta l'energia prodotta. Per far sì che ciò avvenga è necessario innanzitutto elevare la tensione partendo dal livello di quella in uscita dall'impianto che è pari a 30 kV.

La sottostazione elettrica di trasformazione 30/150 kV, sarà costituita dai seguenti componenti principali:

- Apparecchiature in media tensione quali il quadro MT 30 kV di sottostazione, conforme alla norma CEI 17-21, in cui saranno alloggiati gli organi di sezionamento e protezione delle linee in arrivo dall'impianto agrivoltaico ed in partenza per i trasformatori MT/AT e MT/BT;
- Apparecchiature in bassa tensione che riguardano tutto il sistema di distribuzione in corrente alternata per i servizi ausiliari di stazione, il trasformatore di distribuzione MT/BT, il sistema di distribuzione in corrente continua, il raddrizzatore ed il pacco batterie per i servizi ausiliari di emergenza, il gruppo

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 8 di 36
---	---	----------------



Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

elettrogeno per i servizi ausiliari di emergenza, il sistema di protezione controllo e misure, il sistema di antincendio e antintrusione, il sistema di impianti ausiliari tecnologici;

- - Sistema di supervisione e raccolta dati dell'impianto di sottostazione;
- - Trasformatore di potenza 30/150 kV;
- - Apparecchiature di protezione, sezionamento e misura dello stallo AT 150 kV.

La connessione dell'impianto in oggetto avverrà sullo stallo arrivo produttore 150 kV RTN nella esistente SE di Stornara, che sarà condiviso con altri produttori:

Detto stallo arrivo produttore 150 kV, è attualmente in esercizio, essendo stato realizzato contestualmente alla realizzazione della Stazione RTN Stornara. Al fine della condivisione dello stallo RTN con i vari impianti interessati, il presente progetto prevede la modifica dello stallo stesso, con la sostituzione del collegamento rigido tramite portale di attraversamento, con una terna di terminali cavo AT, come meglio dettagliato negli elaborati grafici allegati.

Le apparecchiature che saranno installate avranno le seguenti caratteristiche principali:

- Tensione massima: 170 kV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 325 kV
- Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV

#### **Interruttori tripolari in SF6:**

- Corrente nominale: 1250 A
- Potere di interruzione nominale in cto cto: 31,5 kA

#### **Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:**

- Corrente nominale: 1250 A
- Corrente nominale di breve durata: 31,5 kA

#### **Sbarre:**

- Corrente nominale: 1250 A

#### **Trasformatori di corrente:**

Rapporto di trasformazione nominale: 250-500/5/5/5/5A

- Corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale
- Corrente nominale termica di cto cto: 31,5 kA

#### **Trasformatori di tensione:**

- Rapporto di trasformazione nominale:  $150.000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3}$

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo. Le prestazioni saranno definite in sede di progetto esecutivo.

Di seguito sono riportati i dati tecnici di riferimento delle singole apparecchiature sopra elencate.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 9 di 36
---	---	----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### Interruttore a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m <sup>2</sup> ) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	1250	2000
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	20	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	50	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	0-0,3'-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	5	8
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

### Sezionatori orizzontali a tensione nominale 150 kV con lame di messa a terra

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	270
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15
<b>Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra</b>	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV,A)	Secondo classe A o B, Tab. 1 CEI EN 61129

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### Sezionatori verticali a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
<b>Corrente nominale commutazione di sbarra (A)</b>	1600
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	1250
- orizzontale trasversale (N)	400
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15

### Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale trasversale (N)	600
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### Trasformatore di corrente a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
<b>Prestazioni(**) e classi di precisione:</b>		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m <sup>3</sup> )	da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

(\*\*) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni ed al numero dei nuclei devono intendersi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

### Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000}{\sqrt{3}}$ $100 / \sqrt{3}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA/classe)	40/0,2-75/0,5-100/3P(**)
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% + 50%
Resistenza equivalente in AF (Ω)	≤ 40
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura:	
- C <sub>pa</sub> (pF)	≤(300+0,05 C <sub>n</sub> )
- G <sub>pa</sub> (μS)	≤50
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

(\*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/√3
Tensione nominale secondaria (V)	100/√3
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044- 2
- verticale (N)	

(\*) Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

### Scaricatori per tensione nominale a 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	110
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	2
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	31,5

(\*) Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

## 2. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

### 2.1. VERIFICA TENSIONE AL VARIARE DELLA TEMPERATURA IN C.C.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 13 di 36
---	---	-----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

Occorre verificare 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:

$$V_{m \min} \geq V_{inv MPPT \min}$$

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

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

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

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

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

$V_{inv \max}$  = tensione massima in corrente continua ammissibile ai morsetti dell'inverter

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni cella in dipendenza della temperatura pari a **-140 mV/°C** e i limiti di temperatura estremi pari a 0°C (dati di progetto) e +70°C,  $V_m$  e  $V_{oc}$  assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi, sono riportate in Tabella. In tutti i casi le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

**Tabella – Verifica dei limiti di tensione agli inverter**

Generatore agrivoltaico	Inverter	Condizione	Verifica
$V_{m \min} (+70^\circ\text{C}) = 946,66 \text{ V}$	$V_{inv MPPT \min} = 880 \text{ V}$	$V_{m \min} \geq V_{inv MPPT \min}$	SI
$V_{m \max} (-10^\circ\text{C}) = 1209,31 \text{ V}$	$V_{inv MPPT \max} = 1325 \text{ V}$	$V_{m \max} \leq V_{inv MPPT \max}$	SI
$V_{oc} (-10^\circ\text{C}) = 1443,59 \text{ V}$	$V_{inv \max} = 1500 \text{ V}$	$V_{oc \max} < V_{inv \max}$	SI

Come si può notare dalla tabella, alle condizioni limite tutte le prove sono verificate.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 2.1.1. Portata dei cavi in regime permanente

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti saranno tali da assicurare una durata di vita adeguata alla stima della vita utile dell'impianto dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico sarà eseguita utilizzando la relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad \text{e} \quad I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove

$I_B$  = corrente d'impiego del cavo

$I_N$  = portata del cavo in aria a 30°C, relativa al metodo d'installazione previsto nelle Tabelle I o II della Norma CEI-UNEL 35025

$I_Z$  = portata del cavo nella condizione d'installazione specificata (tipo di posa e temperatura ambiente)

$I_f$  = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito,  $I_B$  risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco ( $I_{MPP}$ ), mentre  $I_N$  e  $I_f$  possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

### 2.1.2. Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito sarà assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Pertanto, avendo già tenuto conto di tali valori nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente, anche la protezione contro il corto circuito risulterà assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito sarà assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno.

## 2.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente continua che in corrente alternata prima del trasformatore di media tensione d'uscita, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 15 di 36
---	---	-----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risulteranno alloggiati in tubi o canali ma fissati alle strutture di sostegno e quindi soggetti a sollecitazioni meccaniche prevedibili.

In ogni caso valgono le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza"

### 2.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

L'inverter e quanto contenuto nei quadri elettrici di impianto sono da considerarsi come sistema TN-S. La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II (moduli fotovoltaici);
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

#### 2.3.1. Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra

Il sistema in corrente continua sarà costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter con un sistema denominato flottante cioè senza punto di contatto a terra.

La protezione nei confronti dei contatti indiretti sarà assicurata, in questo caso, dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- protezione differenziale  $I_{\Delta N} \geq 30 \text{ mA}$
- collegamento al conduttore PE delle carcasse metalliche.

L'elevato numero di moduli fotovoltaici, suggerisce misure di protezione aggiuntive rispetto a quanto prescritto dalle norme CEI 64-8, le quali consistono nel collegamento equipotenziale di ogni struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici.

Si è collegato con un conduttore equipotenziale da 16 mm<sup>2</sup> un punto metallico per ogni struttura di fissaggio e, a tale proposito, in fase di montaggio sarà verificato che tra le strutture metalliche non vi siano interposte parti isolanti costituite da anelli di plastica o gomma, parti ossidate o altro. Questo per far sì che, dati i numerosi punti di collegamento, si possa supporre con certezza la continuità elettrica per struttura. In fase di collaudo la continuità elettrica dovrà comunque essere verificata.

I circuiti equipotenziali così ottenuti fanno capo, ognuno con apposito capocorda e bullone, ad una sbarra di terra in rame forata. Un conduttore di terra di idonea sezione sarà steso per collegare i collettori sopra descritti.



Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 2.4. MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete di distribuzione pubblica sarà realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20 var.1, con riferimento anche a quanto contenuto nel documento di unificazione Enel.

L'impianto risulterà pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: Dispositivo del generatore (IP); Dispositivo di interfaccia; Dispositivo generale (IG).

### 2.4.1. Dispositivo di generatore

Il dispositivo del generatore assicurerà il sezionamento dell'impianto PV o della parte di competenza (sottocampo) in caso di guasto. Gli inverter saranno internamente protetti contro il cortocircuito e il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provocherà l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.

### 2.4.2. Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo di interfaccia provocherà il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di mancanza di tensione di rete, oppure a seguito dell'apertura dell'interruttore generale. A tale scopo, il DDI è comandato da una bobina a mancanza di tensione, alimentata in serie ai contatti di scatto dei relè della protezione di interfaccia; tale bobina dovrà determinare l'apertura del DDI sia in caso di intervento o guasto interno alle protezioni, sia per mancanza dell'alimentazione ausiliaria.

In particolare, il sistema di protezione di interfaccia sarà costituito dai relè che rilevano come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono dai limiti di tensione e frequenza di seguito indicati:

- minima tensione: 0,7 Vn (27)
- massima tensione: 1,2 Vn (59)
- minima frequenza: 49,7 Hz (81<)
- massima frequenza: 50,3 Hz (81>)

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedirà, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, sarà evitato, soprattutto perché può tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e alla riparazione dei guasti.

Le funzioni di protezione del dispositivo di interfaccia saranno appositamente certificate da un Ente facente capo alla EA (European Accreditation Agreement).

### 2.4.3. Dispositivo generale

Il dispositivo di interruzione e sezionamento generale sarà comandato dalla Protezione Generale, che deve essere del tipo "a mancanza di tensione" con circuito alimentato da una sorgente ausiliaria (UPS).

La Protezione generale deve comprendere

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

- un relè di massima corrente a tre soglie di intervento; due soglie a tempo indipendente ( $I_{>>>}$  intervento istantaneo: 50 e  $I_{>>}$  intervento ritardato: 51) ed una soglia a tempo dipendente ( $I_{>}$  a tempo inverso 51).
- un relè di massima corrente omopolare di terra 51N a due soglie di intervento,  $I_{0>}$  e  $I_{0>>}$ .
- Un relè direzionale di terra a due soglie di intervento 67N (tale relè è richiesto solo quando la rete dei cavi MT dell'utente supera la lunghezza di 400 m).

## 2.5. COLLEGAMENTI ELETTRICI

I terminali di ognuna delle stringhe confluiranno verso i quadri di parallelo con percorso prima libero e poi in cavidotto interrato. Il percorso dai quadri di parallelo agli inverter avverrà sempre in cavidotto interrato. Assieme ai cavidotti di potenza e di segnale, dal generatore agrivoltaico sarà posata, all'interno dello stesso scavo, la corda di rame nuda da 35 mmq per l'impianto di messa a terra; collegando tutti i traversi insieme tramite uno spezzone di cavo G/V, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox. La serie delle strutture di ciascuna fila sarà quindi collegata alla corda di terra nel pozzetto più vicino.

## 2.6. OPERE ELETTROMECCANICHE

I montaggi delle opere meccaniche consistono principalmente in:

- Posa in opera delle strutture di sostegno dei moduli
- Montaggio dei moduli sulle strutture.

I montaggi elettrici in campo, consistono principalmente in:

- Collegamento elettrico dei moduli di ciascuna stringa;
- Posa in opera dell'inverter;
- Posa dei cavi di collegamento tra le stringhe fotovoltaiche i quadri di parallelo;
- Posa dei cavi di collegamento tra i quadri di parallelo e gli inverter, nei rispettivi cavidotti predisposti;
- Posa dei cavi di collegamento tra l'inverter e scomparti MT;
- Posa dei cavi di collegamento tra gli scomparti MT e la cabina di raccolta;
- Posa in opera dei collegamenti alla rete di terra.
- *Posa in opera dei servizi ausiliari (videosorveglianza, allarme, monitoraggio, trasmissione dati)*

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 3. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO AT

#### 3.1. DESCRIZIONE GENERALE

Al fine di ottimizzare le infrastrutture di rete e di utenza per la connessione alla RTN, esistenti e di nuova realizzazione, nel presente progetto si prevede una parziale modifica dello stallo RTN attualmente dedicato alla connessione di altri impianti. Di fatto sarà necessario rimuovere l'attuale collegamento rigido in conduttori e portale attraversamento e sostituirlo con un collegamento in cavidotto AT che andrà a collegarsi con la nuova Sottostazione di Trasformazione AT/MT dedicata all'impianto agrivoltaico in progetto e agli altri impianti già connessi.

Pertanto la nuova configurazione dello stallo AT RTN sarà composto dalle seguenti apparecchiature standard unificate TERNA e riportate nel documento "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN":

- n. 3 terminali cavo AT (di nuova realizzazione);
- n. 3 scaricatori di sovratensione (di nuova realizzazione);
- n. 3 riduttori di tensione (esistenti);
- n. 1 sezionatore tripolare orizzontale con lame di messa a terra (esistente);
- n. 3 riduttori di corrente (esistenti);
- n. 1 interruttore uni-tripolare(esistente);
- n. 2 sezionatore tripolare verticale (esistenti).

I particolari della soluzione di connessione alla RTN sono riportati negli elaborati progettuali allegati.

Il collegamento degli schermi dei cavi AT sarà gestito con metodo single point bonding, isolati da terra tramite scaricatore di sovratensione lato utente, e collegati alla rete di terra lato Terna. Inoltre verrà posato, parallelamente ai conduttori AT, il cavo di collegamento equipotenziale (tra la rete di terra di stazione e la rete di terra lato Terna) della sezione di 240 mm<sup>2</sup>.

#### 3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico                      3 fasi – c.a.
- frequenza                                50 Hz
- tensione nominale                      150 kV
- tensione massima                        170 kV

Tensione di isolamento del cavo: dalla tab. 4.1.6 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento è:

- U<sub>0</sub> = 87 kV.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 19 di 36
---	---	-----------------

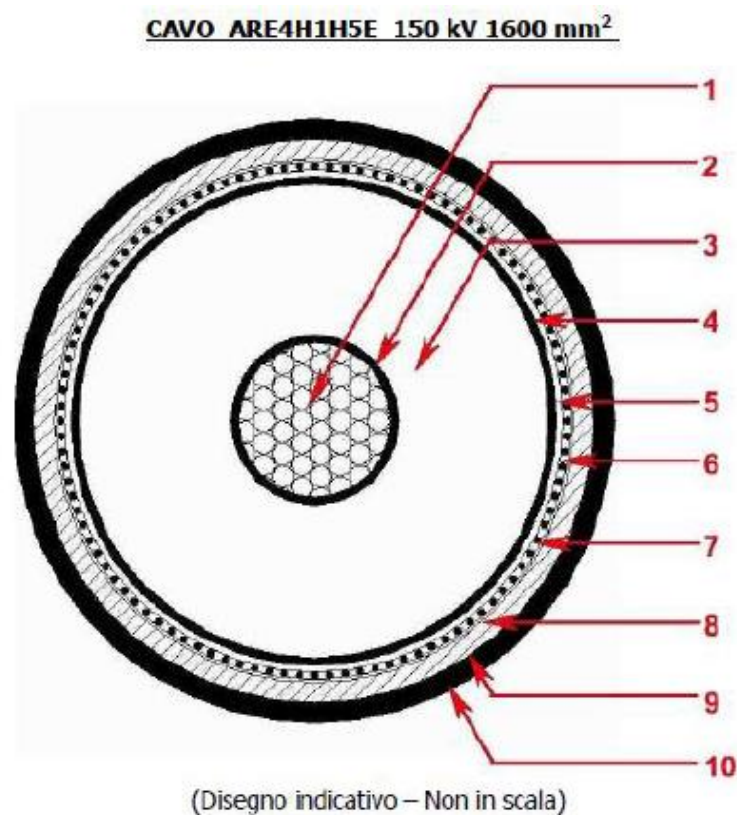
Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

Temperature massime di esercizio e di cortocircuito: dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

Caratteristiche funzionali e costruttive:

Per il collegamento dello stallo (RTN) arrivo produttore con la sottostazione di trasformazione AT/MT (SSE AT/MT) del produttore, si utilizzerà il cavidotto AT (87/150 kV ARE4H1H5E da 1600 mmq). Il tracciato è indicato negli elaborati progettuali ed interessa un breve tratto confinato tra la sottostazione SE 150 kV RTN di Sornara e la nuova Sottostazione di Trasformazione AT/MT che risultano attigue.

Di seguito viene riportato le caratteristiche principali del cavo AT.



1	Conduttore	Corda rotonda compatta (tamponata) a fili di alluminio
2	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
3	Isolamento	XLPE
4	Schermo semiconduttivo	Mescola estrusa semiconduttiva
5	Tamponamento longitudinale	Nastro semiconduttivo rigonfiante
6	Schermo metallico	Fili di rame
7	Controspirale	Nastro di rame
8	Tamponamento longitudinale	Nastro rigonfiante
9	Guaina metallica	Nastro longitudinale di alluminio monoplaccato
10	Guaina esterna	Polietilene (grafitato)

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 3.3. TIPOLOGIA DI POSA

Per la posa del cavidotto si dovrà predisporre uno scavo a sezione ristretta della larghezza di circa 0,70 m, per una profondità di circa 1,70 m dal piano campagna.

Il riempimento dello scavo sarà fatto nel modo seguente:

- Disposizione di uno strato di 10 cm di cemento magro a resistività termica controllata 1.2 Km/W;
- Posa dei conduttori di energia, secondo le specifiche di progetto;
- Posa delle lastre di cemento armato di protezione sui due lati;
- Disposizione di uno strato di riempimento per cm 40 di cemento magro a resistività termica controllata;
- Posa del tri-tubo in PEAD del diametro di 50 mm per l'inserimento del cavo in fibra ottica;
- Copertura con piastra di protezione in cemento armato vibrato prefabbricato secondo le specifiche di progetto;
- Riempimento con materiale riveniente dallo scavo opportunamente vagliato per circa 70 cm;
- Posa del nastro segnalatore in PVC con indicazione "Cavi Alta Tensione";
- Riempimento con materiale riveniente dallo scavo fino alla quota di progetto;
- Ripristino finale come ante operam.

## 4. DESCRIZIONE ELETTRODOTTI MT INTERNI ALL'IMPIANTO

I cavidotti in esame sono quelli che vanno dalle cabine inverter/trafo alla cabina di raccolta. I cavidotti saranno installati seguendo percorsi pressoché regolari; essi saranno direttamente interrati.

L'impianto sarà suddiviso in 22 sottocampi da circa 2 MW ciascuno, perciò saranno installate 22 cabine inverter trafo (Power Station). Si è scelto di usare cavo tripolare tipo ARE4H5EX 18/30 kV di sezione 95 mm<sup>2</sup>.

### 4.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

#### 4.1.1. Tensioni nominali

Un cavo sarà specificato in base alle tensioni nominali (di isolamento)  $U_0/U$ , rispettivamente verso terra e tra le fasi.

Per i cavi in media tensione si farà riferimento alla tensione massima del sistema elettrico e al tempo per cui potrà permanere a terra una fase. Questo perché in media tensione le sollecitazioni dielettriche sono elevate. In presenza di una fase a terra aumenta la tensione verso terra delle fasi sane e se il guasto permane si riduce la durata di vita del cavo.

Comunque nel caso in esame sarà sufficiente che le tensioni di isolamento del cavo siano quelle corrispondenti alla tensione massima del sistema elettrico.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 21 di 36
---	---	-----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

TENSIONI NOMINALI DEL CAVO $U_0/U$	1,8/3	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	18/30
TENSIONE MASSIMA DEL SISTEMA ELETTRICO $U_m$ [kV]	3,6	7,2	12	17,5	24	36

#### 4.1.2. Portata dei Cavi

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35027.

A partire dalla portata nominale del cavo tipo ARE4H5EX 18/30 kV di sezione 95 mm<sup>2</sup> (196 A), si calcola un fattore correttivo

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8$$

Dove:

$K_5$  è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

$K_6$  è il fattore di correzione da applicare per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;

$K_7$  è il fattore di correzione per profondità di posa dal valore di riferimento pari a 0,8 m;

$K_8$  è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 k x m/W, valido per terreni asciutti.

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della richiamata CEI-UNEL 35026):

$K_5 = 0,95$  poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

$K_6 = 0,84$  poiché si presuppone la presenza di altri circuiti;

$K_7 = 1$  poiché la profondità di posa è inferiore o al più pari a 0,8 m;

$K_8 = 1$  poiché la posa avviene in terreno asciutto.

In definitiva, il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8 = 0,80$$

Pertanto, nelle condizioni peggiori la portata effettiva del cavo nelle condizioni di posa previste a progetto sarà:

$$I = 196 \times 0,80 = 157 \text{ A}$$

Mentre la corrente che attraverserà il cavo sarà pari a

$$I_b = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\phi) = 39 \text{ A} < 157 \text{ A}$$

Dove:

$I_b$  = corrente che attraversa il cavo;

$P_n$  = Potenza nominale del sottocampo (2.000 kW)

$V_n$  = Tensione nominale di impianto (30.000 V)

$\cos\phi$  = 0.99

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 22 di 36
---	--	-----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 4.1.3. Caduta di tensione

Di seguito riportata la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale

$$\Delta V\% = \frac{\Delta v \cdot l \cdot I}{V} \cdot 100$$

dove:

V	=	tensione di linea	[V];
$\Delta v$	=	caduta di tensione specifica, $\sqrt{3}(r \cos \varphi + x \sin \varphi)$	[V/km A];
l	=	lunghezza della linea	[km];
I	=	corrente di carico	[A].
r	=	resistenza specifica	[ $\Omega$ /km];
x	=	reattanza specifica	[ $\Omega$ /km].
$\cos \varphi$	=	fattore di potenza	

$$\Delta V\% = 0,22\% < 4\%$$

## 4.2. MODALITÀ DI POSA

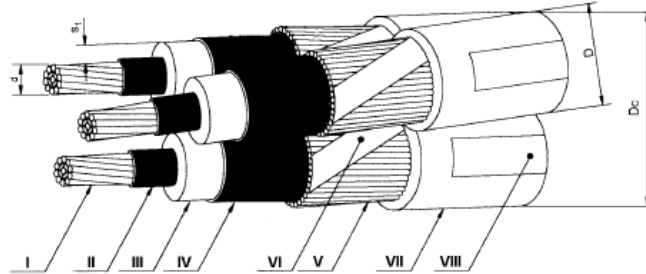
Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina di raccolta seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati.

La posa verrà eseguita ad una profondità di circa 1.00 m in uno scavo di profondità di circa 1.20 e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi di sezione 95 mmq direttamente sullo strato di sabbia;
- Ricopertura dei cavi con sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tritubo rigido del diametro esterno di 50 mm per inserimento di linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino.

### 4.3. QUALITÀ DEI MATERIALI

#### Tipologia del Cavo:



- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| I - Conduttore                                   | V - Schermo                           |
| II - Strato semiconduttore                       | VI - Nastro equalizzatore (eventuale) |
| III - Isolante                                   | VII - Guaina di PVC                   |
| IV - Strato semiconduttore estruso sull'isolante | VIII - Stampigliatura                 |

Figura 1 – Cavo ARE4H5EX – 18/30 kV

#### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	2480	680
70	9,7	25,6	34	2600	680
95	11,4	26,5	35	2860	700
120	12,9	27,4	36	3120	720
150	14,0	28,1	37	3390	740
185	15,8	29,5	38	3790	760
240	18,2	31,5	42	4440	820
300	20,8	34,7	45	5240	890

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>p=1 °C m/W</i>	<i>p=2 °C m/W</i>
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369



Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 5. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE CONTINUA

### 5.1. TENSIONE NOMINALE

I cavi dovranno avere una tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico. In corrente continua la tensione del sistema elettrico non dovrà superare 1,5 volte la tensione nominale dei cavi.

La tensione nominale dei cavi si riferisce al loro impiego in corrente alternata ed è espressa come  $U_0/U$  dove  $U_0$  è il valore efficace tra ogni conduttore e la terra,  $U$  è il valore efficace della tensione tra due conduttori attivi qualsiasi di un cavo multipolare o un circuito costituito da cavi unipolari.

Nei sistemi isolati da terra la tensione verso terra è uguale alla tensione nominale  $U_0 = U$ , quindi cavi con tensione nominale 0,6/1 kV sono adatti per impianti fino a:  $1,5 \times 600 \text{ V} = 900 \text{ V}_{cc}$ .

I cavi dell'impianto in corrente continua saranno scelti ed installati in modo da rendere minimo il rischio di guasto a terra e cortocircuito; le condutture avranno un isolamento doppio o rinforzato (classe II). Si dicono condutture con isolamento doppio o rinforzato:

- i cavi con guaina, con tensione maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito (isolamento rinforzato);
- i cavi unipolari senza guaina posati in tubo protettivo o canale di materiale isolante (isolamento doppio).

I cavi di stringa, quelli che collegano tra loro i moduli e la stringa fino al quadro di parallelo, saranno installati nella parte posteriore di moduli, dove la temperatura può raggiungere anche i 70 °C. Questi cavi dovranno sopportare temperature elevate, avere una buona flessibilità e resistere ai raggi ultravioletti. Per questa parte di impianto si useranno cavi unipolari con isolamento e guaina in gomma aventi temperatura massima di funzionamento almeno di 90 °C, conformi CPR; questi cavi, specifici per impianti fotovoltaici, hanno sigla di designazione H1Z2Z2-k ( $U_0/U = 1500 \text{ V}_{cc}$ ).

Anche a valle dei quadri di parallelo fino agli inverter, date le tensioni di stringa, si userà la stessa tipologia di cavi (H1Z2Z2-k) essendo adatti anche per la posa interrata.

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 25 di 36
---	---	-----------------

## 5.2. PORTATA DEI CAVI

La sezione dei cavi verrà scelta tale per cui:

- la portata ( $I_z$ ) del cavo sia almeno uguale alla corrente di impiego ( $I_B$ ) del circuito:  $I_z \geq I_B$ ;
- la caduta di tensione rientri nei limiti prestabiliti.

Per il circuito di stringa si assume prudenzialmente una corrente di impiego  $I_B = 1,25 I_{SC}$ , dove  $I_{SC}$  è la corrente di cortocircuito del modulo. Il circuito che va dal quadro di parallelo all'inverter, che raccoglie le  $m$  stringhe in parallelo, avrà  $I_B = m \cdot 1,25 I_{SC}$ .

La portata del cavo è il valore massimo di corrente che un cavo può portare a regime termico, senza superare la temperatura massima di funzionamento. Le portate dei cavi solari sono riferite in genere a temperature ambiente di 30 °C in aria libera. Per tenere conto della temperatura ambiente effettiva  $\theta_a$  si dovrà moltiplicare la portata alla temperatura di riferimento  $\theta_o$  per un coefficiente:

$$k_1 = \sqrt{(\theta_s - \theta_a) / (\theta_s - \theta_o)}$$

dove  $\theta_s$  è la temperatura massima di funzionamento dell'isolante.

Quindi per la posa sul retro dei moduli, dove  $\theta_a = 70$  °C, considerando un cavo solare avente  $\theta_s = 90$  °C, si avrà:

$$K_1 = 0,58$$

Inoltre si è tenuto conto del coefficiente di riduzione  $K_2$  che tiene conto della portata dei cavi per posa in fascio nello stesso tubo o canale.

Valori del fattore  $k_2$  per un fascio di cavi.

Numero di circuiti o di cavi multipolari	Fattore $k_2$
2	0,80
3	0,70
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9	0,50
12	0,45
16	0,41
20	0,38

Va detto che la portata dei cavi corrisponde ad una durata di vita del cavo di circa 20 – 30 anni, nell'ipotesi che porti continuamente una corrente pari alla sua portata. Negli impianti PV il cavo porta corrente solo per una parte del giorno e mai di notte.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### 5.3. CADUTA DI TENSIONE

Negli impianti fotovoltaici la caduta di tensione rappresenta la perdita di potenza, e quindi perdita economica. Una caduta di tensione del 4% corrisponde a una perdita del 4% della potenza elettrica. Negli impianti PV l'attenzione agli aspetti economici porta a limitare la caduta di tensione a valori non superiori al 1% - 2%, quindi si sceglieranno cavi la cui sezione è in genere sovrabbondante rispetto a quella necessaria.

## 6. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE ALTERNATA

La parte di impianto interessata dai circuiti di bassa tensione in corrente alternata riguardano:

- la linea a valle della fornitura BT a servizio dei circuiti ausiliari;
- le linee alimentate dal quadro generale BT in cabina BT.

L'impianto agrivoltaico sarà dotato di Cabina BT e quindi di propria fornitura BT a servizio dei circuiti ausiliari.

L'impianto sarà dotato di linea trifase BT da circa 60 kW, per l'alimentazione dei servizi ausiliari. Il gruppo di misura, sarà installato in un box predisposto all'ingresso dell'area impianto, nelle immediate vicinanze della cabina BT. Pertanto verrà posato un cavo quadripolare tipo FG16(O)R16 che dal gruppo di misura BT alimenti il Quadro Generale BT in cabina.

Il quadro generale BT alimenterà i quadri BT delle cabine inverter trafo e della cabina di raccolta. I quadri BT di cabina forniranno alimentazione ai sistemi di protezione dei quadri MT, alle apparecchiature di condizionamento cabina, all'illuminazione e prese a spina, ai servizi ausiliari (apparecchi per la videosorveglianza, l'allarme, la trasmissione dati, ecc.).

La tensione di isolamento dei cavi sarà scelta in relazione a quella nominale di esercizio, la sezione del cavo verrà scelta in funzione della corrente nominale del carico alimentato. A tal proposito saranno prese in considerazione le tabelle CEI-UNEL 35024/1 e CEI UNEL 35026 dove sono indicate le diverse condizioni di posa in aria e interrata.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file: <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 6.1. MODALITÀ DI POSA

I cavi di stringa saranno fissati alle strutture di sostegno sul retro dei moduli.

A valle del quadro di parallelo la posa dei cavi sarà effettuata entro cavidotti al fine di una maggiore protezione meccanica del cavo stesso e per facilitarne la posa e la manutenzione.

Il diametro del tubo interno sarà 1,4 volte il diametro circoscritto dal fascio dei cavi.

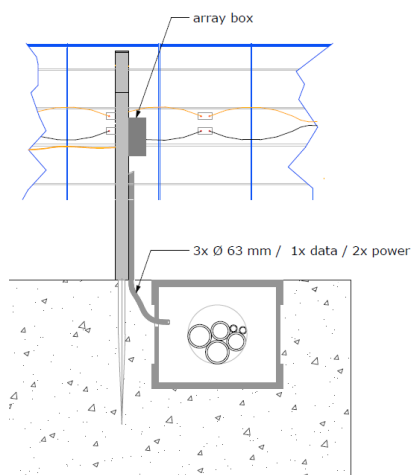


Figura 2 – Particolare della posa dei cavi in corrente continua (tipologico).

## 6.2. QUALITÀ DEI MATERIALI

### Tipologia del Cavo:


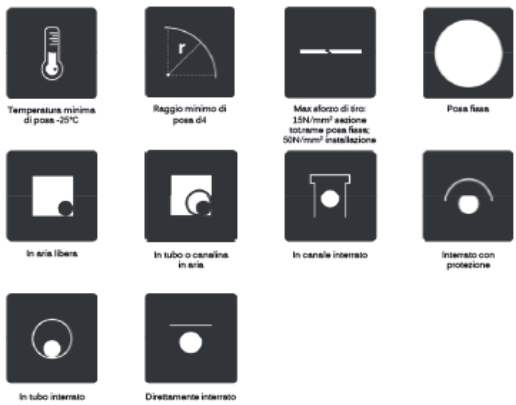
 <p><b>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE</b></p> <p><b>Anima:</b>          Conduttore in rame stagnato flessibile, classe 5  <b>Isolamento:</b>          Mescola LSZH a base di gomma reticolata  <b>Guaina esterna:</b>          Mescola LSZH a base di gomma reticolata speciale, resistente ai raggi UV  <b>Colori:</b>          Colore anima:          Bianco          Colore guaina esterna:          Nero o Rosso (basato su RAL 9005 o 3000)</p>	<p><b>CARATTERISTICHE ELETTRICHE</b></p> <p><b>Tensione di esercizio anime:</b>  <i>Tensione nominale di esercizio:</i>          1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra)  <i>Massima tensione di esercizio:</i>          1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra)  <b>Tensione di esercizio guaina:</b>  <i>Tensione nominale di esercizio:</i>          1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra)  <i>Massima tensione di esercizio:</i>          1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra)          Tensione di prova: 15 kV C.C.</p> <p><b>CONDIZIONI DI POSA</b></p> 
--	---

Figura 3 – Cavo solare (H1Z2Z2-K – 1500 V<sub>cc</sub>)


	<p><b>Descrizione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5</li> <li>• Isolamento: gomma, qualità G16</li> <li>• Riempitivo: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari)</li> <li>• Guaina: PVC, qualità R16</li> <li>• Colore: grigio</li> </ul> <p><b>Caratteristiche funzionali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensione nominale U<sub>0</sub>/U: 600/1000 V c.a. 1500 V c.c.</li> <li>• Tensione massima U<sub>m</sub>: 1200 V c.a. 1800 V c.c. anche verso terra</li> <li>• Tensione di prova industriale: 4000 V</li> <li>• Temperatura massima di esercizio: 90°C</li> <li>• Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)</li> <li>• Temperatura massima di corto circuito: 250°C</li> </ul>
---	---

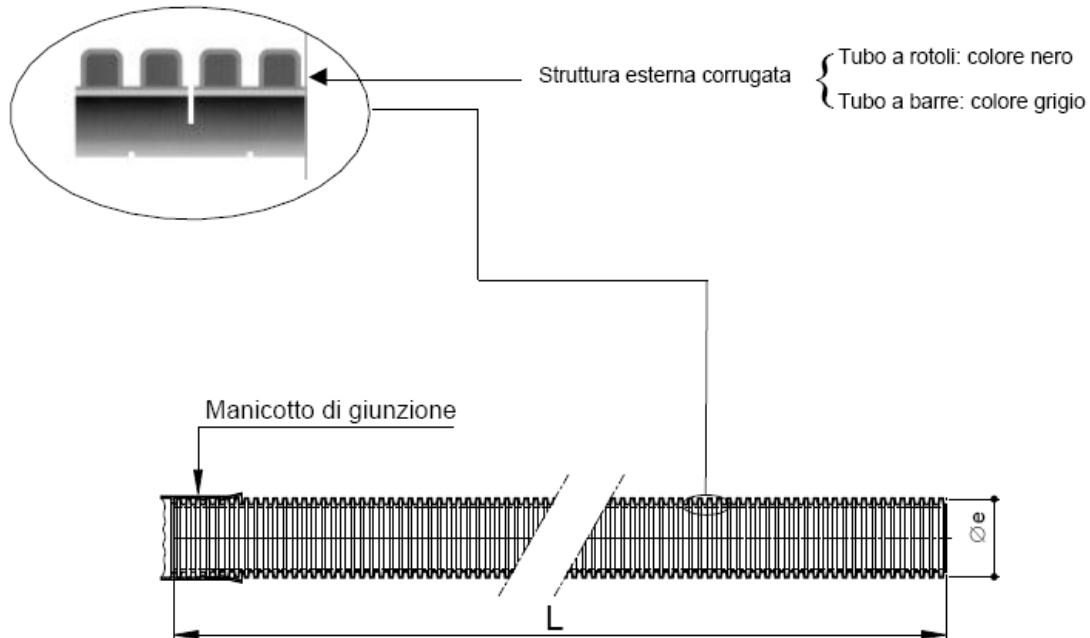
Figura 4 – Cavo (FG16(O)R16 – 0,6/1 kV)

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

### Tipologia del Corrugato:

Il tubo flessibile corrugato sarà rispondente alla Norma Tecnica CEI 11-17 ovvero di tipo DS 4247.

#### PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN POLIETILENE



#### Conformi alle Norme CEI EN 50086-2-4 (23-46) (tubo "N" normale)

- resistenza all'urto: - tubo Øe 25450 mm: 15 J;
- tubo Øe 63 mm: 20 J;
- tubo Øe 125 mm: 28 J;
- tubo Øe 160 mm: 40 J.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 7. CIRCUITI AUSILIARI

L'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio dei parametri di funzionamento e ambientali, di un sistema di videosorveglianza e di un sistema di allarme. Il sistema di monitoraggio sarà in grado di trasmettere in remoto i dati raccolti; i sistemi di videosorveglianza e di allarme fungeranno da deterrenti per eventuali atti vandalici o furti, ed allo stesso tempo segnaleranno immediatamente ad una stazione di vigilanza presenze indesiderate. Lungo il perimetro d'impianto saranno installati opportuni apparecchi di illuminazione.

### 7.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Il sistema di monitoraggio consente di supervisionare tutti i parametri essenziali alla sicurezza di continuità di funzionamento, non solo dell'impianto nel suo complesso, ma spingendosi all'analisi delle singole stringhe e dei dati climatici del sito di installazione (una non corretta funzionalità determina un calo della produzione con conseguente diminuzione dell'incentivo governativo e tempi maggiori di ammortamento dell'impianto stesso).

Il cuore del sistema è un dispositivo di Gestione Locale che, installato in prossimità dei gruppi di conversione statica, in dialogo costante con i componenti dell'impianto (inverter, sensori di irraggiamento, anemometri, dispositivi di monitoraggio stringhe, analizzatori di rete, ecc.) vigila per assicurare la più alta efficienza e funzionalità con la possibilità di comunicazione da/e verso un centro di supervisione remoto.

Il sistema di monitoraggio è composto da:

- Sistema di monitoraggio di stringa;
- Sistema di monitoraggio dei parametri meteo-climatici;
- Data logger;
- Sistema di trasmissione dati.

Il sistema di monitoraggio di stringa è installato all'interno dei quadri di parallelo del generatore. Il sistema di controllo individua immediatamente i malfunzionamenti e i cali di resa, registra le correnti di ogni linea, la tensione del sistema e la temperatura del quadro, classificando i valori medi al minuto. Inoltre controlla lo stato dello scaricatore interrogando il contatto di scambio.

Gli Tali sistemi sono collegati in serie tra loro e poi connessi al data logger tramite can-bus. Al data logger sono connessi anche gli inverter, tramite cavo ethernet, e i sensori per il monitoraggio dei parametri meteo-climatici (piranometri e anemometro) tramite can-bus.

I data logger sono quindi dei "concentratori" di informazioni provenienti dai sistemi di monitoraggio di campo, dagli inverter (controllano lo stato degli inverter, lo stato degli errori e la produzione di energia) e dal sistema di monitoraggio ambientale.

Mediante fibra ottica i segnali raccolti dai data logger, vengono trasmessi al sistema di trasmissione dati, che si occupa di trasmettere in postazioni remote i parametri di impianto.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 7.2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA E ALLARME

Si prevede l'installazione di telecamere HD day/night con rilevazione di movimento presso i punti di copertura ottica del campo agrivoltaico in oggetto.

Saranno installate un numero sufficiente di telecamere a copertura totale del perimetro ottico del campo.

Il Centro Stella dell'impianto di videosorveglianza sarà installato nella "Cabina BT e Sala Controllo" che fungerà da raccordo dei cavi in fibra ottica ed elettrici previsti per l'interconnessione delle telecamere installate presso il campo.

Le telecamere dovranno essere montate all'interno di custodie stagne e fissate su dei pali predisposti lungo il perimetro del campo e dovranno essere orientate opportunamente per coprire l'intero perimetro d'impianto.

Ogni telecamera sarà dotata di illuminatore ottico IR per la visione notturna.

Le telecamere, saranno dotate di un mini media converter e un trasformatore di corrente per l'alimentazione di tali apparecchi.

Le telecamere previste avranno una porta Ethernet RJ45 UTP e una porta per l'alimentazione (12 VdC). I cablaggi dell'alimentazione elettrica dovranno essere compatibili con le condizioni di posa, pertanto si prevede l'utilizzo di cavo tipo FG16OR16 0,6/1 kV 3x2,5 mmq posato entro opportuno cavidotto interrato.

L'impianto antintrusione, insieme all'impianto di videosorveglianza previsto, oltre a fungere da deterrenti per eventuali atti vandalici o furti, segnaleranno immediatamente ad una stazione di vigilanza presenze indesiderate. Il sistema antintrusione previsto consta di opportuni sensori (microonde, infrarossi o simili) da installare lungo tutto il perimetro d'impianto e nelle immediate vicinanze di punti sensibili (Ingressi, cabine elettriche, ecc). Tali sensori opportunamente cablati utilizzando cavidotti dedicati, comunicheranno con una centralina che sarà installata nella "Cabina BT e Sala Controllo" la quale rileverà ogni alterazione del sistema e la comunicherà mediante sirena e lampeggiante locale, oltreché in remoto mediante opportuna linea telefonica dedicata.

## 7.3. ILLUMINAZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO

L'impianto di illuminazione che verrà realizzato a servizio dell'impianto agrivoltaico in progetto sarà formato da proiettori idonei all'ambiente di installazione e in numero tale da garantire una sufficiente illuminazione del sito. I proiettori saranno installati su opportuni pali in acciaio lungo tutto il perimetro d'impianto e nelle immediate vicinanze di punti sensibili (Ingressi, cabine elettriche, ecc). La loro accensione sarà comandata da un sistema collegato all'impianto antintrusione e avverrà solo nelle ore notturne in caso di effrazione e si spegnerà automaticamente decorsi pochi minuti dall'accensione mediante l'ausilio di opportuni sensori e timer o comunque alla cessazione dell'allarme.

L'alimentazione dell'impianto di illuminazione avverrà mediante linea elettrica posata in cavidotto interrato dedicato. I cablaggi dell'alimentazione elettrica dovranno essere compatibili con le condizioni di posa, pertanto si prevede l'utilizzo di cavo tipo FG16OR16 0,6/1 kV alimentato dal quadro elettrico dedicato ai servizi ausiliari predisposto nella "Cabina BT e Sala Controllo".

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 32 di 36
---	---	-----------------



Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 8. VALUTAZIONE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Le sovratensioni possono costituire un pericolo per la sicurezza delle persone e provocare perdite economiche ingenti.

Si definisce sovratensione, una tensione che supera il valore di picco della massima tensione in regime permanente presente nell'impianto in condizioni ordinarie di funzionamento.

Un fulmine è una scarica elettrica, in aria, tra una nuvola temporalesca ed il suolo, che può provocare:

- tensioni di passo e di contatto (morte di persone ed animali);
- scariche pericolose (danni fisici quali incendi, esplosioni, rotture meccaniche, ecc.);
- sovratensioni (avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche).

Per stabilire se adottare misure di protezione contro i fulmini occorre effettuare un'analisi del rischio sulla struttura da proteggere, dove per struttura si intende l'intero impianto PV.

Un fulmine può colpire direttamente la struttura (fulminazione diretta), interessare le linee di energia entranti nella struttura oppure cadere a terra in prossimità della struttura stessa (fulminazione indiretta).

Secondo la destinazione d'uso della struttura e i tipi di danno, i rischi da considerare sono:

- rischio R<sub>1</sub>: perdita di vite umane;
- rischio R<sub>2</sub>: perdita di servizio pubblico;
- rischio R<sub>3</sub>: perdita di patrimonio culturale;
- rischio R<sub>4</sub>: perdite economiche.

Una struttura può essere interessata da uno o più rischi. In particolare l'impianto PV può essere interessato dai rischi R<sub>1</sub> ed R<sub>4</sub>.

### 8.1. FULMINAZIONE DIRETTA

Nella fulminazione diretta di un impianto PV a terra, il rischio di incendio è nullo e l'unico pericolo per le persone è costituito dalle tensioni di passo e di contatto.

Secondo la norma si può trascurare il rischio relativo alle tensioni di contatto e di passo se è molto bassa la probabilità di presenza di persone fino a 3 m dalla struttura, come accade nelle normali condizioni di esercizio di un impianto agrivoltaico.

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

## 8.2. FULMINAZIONE INDIRECTA

Un fulmine può causare danni agli impianti di una struttura anche se non colpisce la struttura stessa (fulminazione indiretta), tramite accoppiamento resistivo e/o induttivo.

L'accoppiamento resistivo si verifica quando un fulmine colpisce una linea elettrica che entra nella struttura. Se la tensione dovuta al passaggio della corrente di fulmine supera la tensione di tenuta dei cavi o delle apparecchiature si determina una scarica che può innescare un incendio, per via dell'elevata energia associata alla corrente di fulmine.

La corrente di fulmine è per sua natura impulsiva e genera nello spazio circostante un campo elettromagnetico variabile nel tempo. La variazione di campo magnetico genera tensioni indotte sui circuiti di un impianto elettrico (sovratensioni) tra conduttori attivi (sovratensioni differenziali o trasversali) e tra qualsiasi conduttore attivo e terra (sovratensioni differenziali o longitudinali).

La protezione contro le sovratensioni ha l'obiettivo di evitare l'avaria delle apparecchiature elettriche per il cedimento dell'isolamento verso massa e quindi il danno permanente.

Il parametro a cui fare riferimento nella protezione contro le sovratensioni è la tensione di tenuta ad impulso ( $U_w$ ) delle apparecchiature stesse, dato che la tensione di tenuta ad impulso dei cavi è generalmente superiore a quella delle apparecchiature servite dal circuito.

Le sovratensioni non sono pericolose per le persone (R1) salvo negli ospedali o nei luoghi con pericolo di esplosione. Quindi in un impianto PV non è obbligatorio, ma consigliato, adottare misure di protezione contro le sovratensioni al fine di ridurre il rischio di danneggiamento delle apparecchiature costituenti l'impianto.

### 8.2.1. Protezione contro le sovratensioni

Per attenuare il valore delle sovratensioni indotte occorre ridurre:

- il campo magnetico, mediante la schermatura dei circuiti:

L'effetto schermante di un involucro metallico è dovuto alle correnti indotte sull'involucro stesso, le quali producono un campo magnetico che si oppone alla causa che le ha generate, cioè al campo magnetico del fulmine. Nei cavi dotati di uno schermo continuo, le sovratensioni tra i conduttori sono praticamente nulle. Tubi o canali continui chiusi metallici garantiscono lo stesso risultato dei cavi schermati.

- l'area della spira del circuito indotto, mediante una opportuna disposizione dei circuiti:

la riduzione dell'area della spira nella quale si concatena il flusso del campo magnetico è l'altro mezzo efficace per ridurre le sovratensioni indotte; è sufficiente avvicinare i cavi di stringa (o addirittura twistarli) per ridurre le tensioni trasversali tra i conduttori. Inoltre la sovratensione verso terra si riduce se il conduttore di protezione fa parte dello stesso condotto (la struttura metallica alla quale saranno fissati i cavi di stringa, è direttamente collegata al conduttore di protezione).

Per proteggere le apparecchiature bisogna scaricare verso terra le sovratensioni mediante SPD (Surge Protective Device). Un SPD è un dispositivo ad impedenza variabile con la tensione applicata, cioè in

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI          IMPIANTI ELETTRICI</b>	Pagina 34 di 36
---	---	-----------------

Committente INERZIA SOLARE Srl P.zza Manifattura, 1 - Rovereto (TN) C.F. e P.IVA 02513120226	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LAGNANO" CON POTENZA PARI A 41,28 MWp NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)	Nome del file:  <b>FV-LAG-CIV-REL-19_a</b>
---	---	--

condizioni di riposo ha impedenza molto elevata, in presenza di una sovratensione riduce la sua impedenza, scarica la corrente associata alla sovratensione e mantiene la tensione ai suoi capi entro valori prefissati.

Le sovratensioni lato corrente continua che sollecitano l'inverter e i moduli sono quelle indotte dai fulmini che cadono a terra in prossimità dell'impianto agrivoltaico. Generalmente gli inverter hanno una protezione interna contro le sovratensioni, ciò nonostante è preferibile aggiungere SPD ai morsetti dell'inverter, tra i conduttori attivi e terra per migliorare la protezione dell'inverter e per evitare che la protezione interna metta fuori servizio l'inverter.

I moduli in genere hanno una tensione di tenuta all'impulso ( $U_{wm}$ ) superiore a quella dell'inverter, tuttavia data la distanza notevole tra moduli e inverter occorre prevedere ulteriori SPD nei quadri di parallelo. L'SPD va installato a monte del dispositivo di sezionamento dell'inverter in modo che protegga i moduli anche quando il dispositivo di sezionamento è aperto.

Dal lato corrente alternata, essendo schermati i cavi di connessione alla rete del distributore, l'installazione di SPD riduce il rischio dovuto ad eventuali scariche pericolose in seguito alla fulminazione diretta della linea. La presenza dei trasformatori garantisce la protezione dell'inverter, i quali abbattano le eventuali sovratensioni; gli SPD su questo lato del circuito servono per la protezione delle apparecchiature a monte degli inverter.

### 8.3. MISURE DI PROTEZIONE FACOLTATIVE

Dato che il rischio R1 è accettabile dal momento che la struttura non costituisce pericolo per le persone, si potrebbero adottare misure atte a ridurre il rischio economico R4.

Al fine di proteggere la struttura, intesa come l'intero impianto, da danni da fulminazione diretta si potrebbe proteggere l'impianto mediante un LPS (Lightning Protection System), costituito da un sistema di captatori, calate e dispersori integrato con opportuni collegamenti equipotenziali.

L'impianto LPS ha lo scopo di intercettare il fulmine diretto, di condurre la corrente di fulmine dal punto di impatto al suolo e di disperderla in esso, senza che si verifichino danni di tipo termico o meccanico alla struttura protetta, né tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone.

Un captatore può essere costituito da aste verticale montate sulle strutture di supporto dei moduli. Ad ogni captatore viene convenzionalmente associato un volume protetto. Il captatore è posizionato correttamente se la struttura da proteggere è interamente contenuta all'interno del volume protetto.

Il captatore risulta posizionato correttamente se nessun punto della struttura da proteggere viene in contatto con una sfera, il cui raggio R dipende dal livello di protezione E dell'LPS, che rotola sul terreno, intorno e sulla struttura in tutte le direzioni possibili. Perciò la sfera dovrà toccare soltanto il terreno e/o il captatore.

Livello di protezione	Efficienza
I	98%
II	95%
III	90%
IV	80%

classe di LPS	raggio della sfera rotol. R
I	20
II	30
III	45
IV	60

### 8.4. CONCLUSIONI

Secondo la norma CEI EN 62305-2 la struttura è protetta contro le fulminazioni. Pertanto non è necessario adottare misure per ridurre il rischio R1. Tuttavia si ritiene opportuno installare idonei SPD per ridurre il rischio di danneggiamento delle apparecchiature, mentre è facoltativo e a discrezione della committenza adottare misure per ridurre il rischio R4, così come esposto al paragrafo precedente.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 che individua nelle Norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.