

# REGIONE PUGLIA





## Provincia di Brindisi

### COMUNI DI BRINDISI

**OGGETTO** PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI

**COMMITTENTE** **LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.**  
Via Giacomo Leopardi, 7 Milano (MI)  
C.F./P.IVA: 11015610964

Codice Commessa PHEEDRA: 20\_05\_PV\_MRR

<b>PROGETTAZIONE</b>	 <p><b>PHEEDRA S.r.l.</b> Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285 e-mail: info@pheedra.it web: www.pheedra.it</p>	 <p><b>SOUTHERNERGY S.r.l.</b> Via del Commercio, 66 72017 - Ostuni (BR) Tel. 0831.331594 e-mail: info@southenergy.it web: www.southenergy.it</p>	
	<p><b>Dott. Ing. Angelo Micolucci</b></p> 	<p><b>Dott. Ing. Ilario Morciano</b></p> 	

2	Gennaio 2021	BENESTARE TERNA GENNAIO/2021	MS	AM	VS
1	Maggio 2020	PRIMA EMISSIONE	CD	AM	VS
REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO

**OGGETTO DELL'ELABORATO** **RELAZIONE TECNICA DI CONNESSIONE**

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	MRR	CIV	REL	032	02	MRR-CIV-REL-032_02	

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIZIONE ELETTRICITÀ INTERRATO MT .....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ELETTRICO .....</b>	<b>3</b>
3.1.	PORTATA DEI CAVI .....	3
3.2.	CADUTA DI TENSIONE .....	4
<b>4.</b>	<b>MODALITÀ DI POSA .....</b>	<b>4</b>
4.2.	COLLEGAMENTI MT INTERNI ALLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA .....	5
4.3.	MODALITÀ ESECUTIVE DI POSA IN OPERA DEI CAVI MEDIANTE SCAVO A CIELO APERTO .....	5
<b>5.</b>	<b>QUALITÀ DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA ELETTRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>7.</b>	<b>CORRENTI DI CORTOCIRCUITO DELL'IMPIANTO NEL PUNTO DI CONNESSIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>8.</b>	<b>MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA .....</b>	<b>8</b>
8.1.	DISPOSITIVO DEL GENERATORE .....	8
8.2.	DISPOSITIVO DI INTERFACCIA .....	8
8.3.	DISPOSITIVO GENERALE .....	9
<b>9.</b>	<b>COLLEGAMENTO ALLA RTN .....</b>	<b>9</b>
9.2.	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE AT/MT 150/30 kV .....	10
9.3.	CARATTERISTICHE DEL CAVIDOTTO AT .....	16
9.3.1.	Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia .....	17
9.3.2.	Modalità di posa e di attraversamento .....	17
9.3.3.	Sezione tipica di scavo e di posa .....	18

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

## 1. PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico composto da circa 27,1 MW da installare in agro del Comune di Brindisi (BR), in località Maffei con opere di connessione ricadenti nello stesso comune. L'impianto fotovoltaico sarà collegato, mediante un cavidotto in media tensione interrato, all'ampliamento della Stazione Elettrica di Terna SpA denominata "Brindisi Sud", previo innalzamento della tensione a 150 kV mediante Sottostazione da realizzarsi e oggetto del presente progetto. La sottostazione elettrica sarà realizzata nelle immediate vicinanze della SE Brindisi Sud, sarà condivisa con altri produttori, e conetterà l'impianto in oggetto in modalità antenna a 150 kV su uno stallo predisposto della SE, così come da preventivo di connessione di Terna SpA codice pratica n. 201900086 del 24/04/2019, successivo aggiornamento pervenuto da TERNA SPA con nota del 06/05/2020 come specificato di seguito e Benestare Terna al progetto delle opere di connessione alla RTN del 14/01/2021.

Lo stallo nella SSE sarà connesso, tramite un cavidotto interrato in alta tensione allo stallo AT della SE Brindisi Sud.

La presente relazione descrive le opere di connessione dell'impianto fotovoltaico.

Il cavidotto in progetto avrà un percorso pressoché regolare. Esaminato lo stato dei luoghi, il tracciato del cavidotto più breve è stato individuato cercando di minimizzare le interferenze. A tal proposito si è scelto di ubicare il percorso del cavo, come illustrato nelle tavole allegate.

La lunghezza complessiva dell'elettrodotta interrato sarà di circa 4.400 m.

Viste le particolari condizioni dei luoghi il cavidotto sarà interrato e posizionato prevalentemente su strada pubblica; qualora si rendesse necessario passare su aree di proprietà privata, queste saranno concesse a Terna SpA in servitù perenne di elettrodotta. Inoltre laddove si presentasse la necessità di attraversamenti di interferenze (canali, sottoservizi, strade), questi saranno trattati mediante tecnologia a sonda TOC.

## 2. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO INTERRATO MT

Data le caratteristiche dell'impianto e la lunghezza del cavidotto, si è scelto di ripartire la potenza su una terna di cavo avente le seguenti caratteristiche tecniche principali. Il cavidotto in progetto, di Classe 2a secondo la definizione CEI 11-4, è costituito da tre terne di cavo interrato (ARE4H5E 3x1x400 mmq).

La terna di cavo avrà, le seguenti caratteristiche:

- Comuni attraversati: Brindisi.
- Tipo linea: in cavo tripolare, in alluminio isolato con gomma etilenpropilenica ad alto modulo elastico schermato sotto guaina in PVC, interrato: 4.400 m
- Conduttori attivi n°: 3 (per ogni terna)
- Diametro circoscritto:  $D_{c_{max}}$ (mm) 48
- Massa nominale: (kg/km) 2130
- Portata : 422 A
- Tensione nominale linea: 30 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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 2 di 18
---	--	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

La tripla terna, così descritta condurrà l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico; quindi le condizioni di carico peggiori, saranno:

- Potenza reale nominale: 27,1 MW
- Corrente massima: 522 A

Il cavidotto in progetto seguirà un percorso pressoché regolare dalla cabina di raccolta posta a nelle immediate vicinanze dell'ingresso all'impianto fotovoltaico, fino alla Sottostazione Elettrica 30/150 kV in progetto che sarà connessa, insieme alle altre Ditte coinvolte allo stallo della SE 150 kV denominata Brindisi Sud di Terna Spa, nel territorio di Brindisi.

### 3. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

#### 3.1. 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, applicato al caso peggiore.

A partire dalla portata nominale (422 A, nel caso in esame), 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 35027):

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

$K_6 = 0,85$  poiché si presuppone la presenza di altri circuiti;

$K_7 = 0,92$  poiché la profondità di posa è pari a circa 1,0 m;

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

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

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8 = 0,74$$

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

$$I = 422 \times 0,74 = 312 \text{ A}$$

Quindi il cavidotto in progetto, composto da tre terne in parallelo, avrà una portata nominale pari a 937 A

Mentre la corrente che attraverserà il cavo sarà pari a

$$I_b = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\phi) = 522 \text{ A} < 937 \text{ A}$$

Dove:

$I_b$  = corrente che attraversa il cavo;

$P_n$  = Potenza nominale dell'impianto (27.100.000 W)

<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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 3 di 18
---	--	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

Vn= Tensione nominale di impianto (30.000 V)

Cosφ= 1

### 3.2. 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];
- cosφ = fattore di potenza

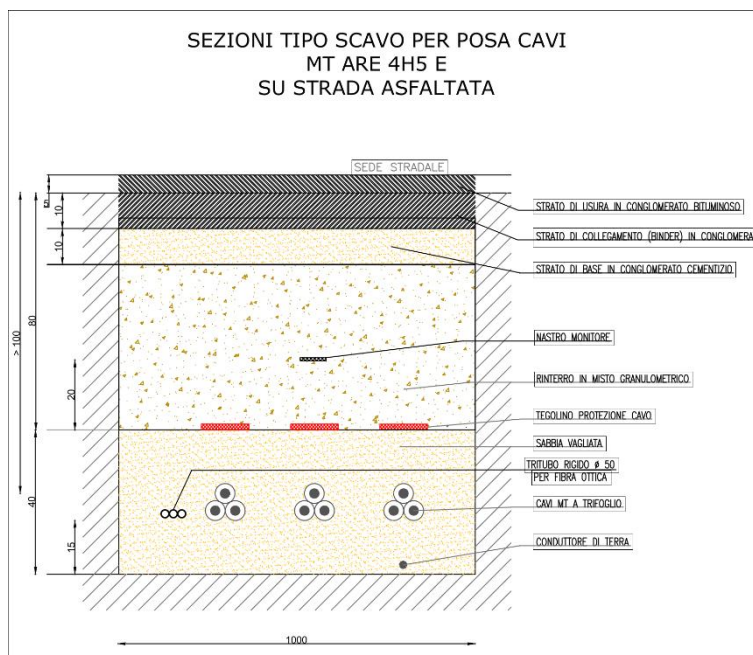
$\Delta V\% = 1,45 \% < 4 \%$

## 4. MODALITÀ DI POSA

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata (TOC). La posa verrà eseguita ad una profondità di 1.00 m in uno scavo di profondità 1.20 m circa, 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 posati a trifoglio di sezione 185, 240, 400, 630 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 del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

<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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 4 di 18
---	--	----------------



#### 4.2. COLLEGAMENTI MT INTERNI ALLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo. La posa verrà eseguita ad una profondità di 0.50 m in uno scavo di profondità 0.60 m e larghezza alla base variabile in base al numero di tubi presenti.

La linea in media tensione che interessa il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, costituita da una terna di cavi unipolari posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso, all'interno del locale utente della stazione elettrica di trasformazione.

#### 4.3. MODALITÀ ESECUTIVE DI POSA IN OPERA DEI CAVI MEDIANTE SCAVO A CIELO APERTO

Il taglio della pavimentazione bituminosa avverrà con idonea macchina a disco meccanico oppure mediante la fresatura della traccia dello scavo per tutto lo spessore della pavimentazione stradale interessata dallo scavo.

I prodotti di risulta provenienti dagli scavi saranno trasportati a rifiuto senza accatastamento anche temporaneo sulla sede stradale o sulle aree di pertinenza.

Le terne di cavi saranno posizionate sopra uno strato di sabbia dello spessore non inferiore a 10 cm. Con lo stesso materiale sarà realizzato il rinfilanco e lo strato superiore, che avrà uno spessore non inferiore a 10 cm.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

Successivamente lo scavo sarà colmato con conglomerato cementizio costituito da impasto realizzato in impianto centralizzato, di ghiaia e sabbia con acqua e cemento, quest'ultimo in misura di Kg. 100 per ogni metro cubo di inerti, fino ad arrivare al bordo inferiore della pavimentazione stradale e posto in opera a strati successivi di spessore non superiore a 20 cm., vibrato con idonei mezzi meccanici, che devono risultare sempre disponibili in cantiere, ed usando tutte quelle cautele dettate dalla buona pratica intese ad evitare in seguito avvallamenti e/o deformazioni del piano viabile e delle pertinenze stradali.

Al di sopra della colmatura sarà steso apposito nastro monitore di segnalazione indicate in modo inequivocabile la tipologia dell'impianto posto al di sotto ed effettuata la stesa di uno strato di misto granulare stabilizzato granulometricamente dello spessore di 15 cm, costipato con idonei mezzi meccanici fino ad ottenere una densità pari al 95% della densità massima ottenuta con la prova Proctor modificata, ed eseguito il ripristino provvisorio della pavimentazione bituminosa mediante stesa di uno strato di collegamento (binder) dello spessore di 9 cm, tempestivamente ricaricato in corrispondenza di eventuali cedimenti.

Allo scopo di limitare i disagi che potrebbero derivare alla viabilità, per la realizzazione delle percorrenze, nell'arco della giornata lavorativa non verranno mai lasciati aperti tratti di scavi superiori a 50,00 m.

## 5. QUALITÀ DEI MATERIALI

Tipologia del Cavo isolato con HEPR (ARE4H5E 18/30 kV):



Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

## Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
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
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

## 6. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SISTEMA ELETTRICO

Di seguito sono riportate le caratteristiche principali del sistema elettrico e le prescrizioni conseguenti da rispettare nella scelta delle apparecchiature (livello di isolamento).

Tipo di alimentazione	<i>Alternata trifase, 30 kV, 50 Hz</i>
Stato del neutro e delle masse	<i>Sistema TN-S</i>
Tipologia delle utenze elettriche	<i>Impianto fotovoltaico</i>
Condizioni ambientali	<i>Temperatura ed umidità normali</i>

- tensione nominale del sistema 30kVeff
- frequenza 50Hz
- tensione nominale di tenuta:
  - a frequenza industriale di breve durata 38kVeff
  - ad impulso atmosferico 95kVpicco
- corrente nominale di breve durata 12.5kA (1 s)
- stato del neutro della rete a terra con impedenza

## 7. CORRENTI DI CORTOCIRCUITO DELL'IMPIANTO NEL PUNTO DI CONNESSIONE

Per gli impianti Fotovoltaici, Eolici o altri che comunque producono energia mediante dispositivi elettronici (inverter), il problema della corrente di corto circuito non si pone, visto che i dispositivi elettronici non erogano correnti maggiori del 10% della corrente nominale, e quindi il loro contributo alla corrente di corto



Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

circuito si può ritenere trascurabile, se non perfino nullo, in quanto si disattivano in presenza di un marcato calo della tensione sulla rete.

Il valore del contributo alla corrente di guasto dovuta al sistema di generazione in progetto, in caso di cortocircuito trifase franco in prossimità del punto di consegna, è da attribuirsi unicamente al ponte di conversione CC/AC a IGBT. Tenuto conto della risposta tipica di questa tipologia di macchine a corto circuiti esterni ( $3I_n$  per qualche semionda) nonché della limitazione offerta dall'impedenza equivalente serie del trasformatore oltre al fatto che il generatore eolico ha una corrente di cortocircuito pari a qualche percento (10% in via cautelativa) in più della corrente massima di funzionamento, il contributo al guasto in rete da assegnare all'impianto è, di fatto, trascurabile (paragonabile infatti alla corrente nominale di funzionamento immessa in rete).

Considerando dunque la corrente nominale massima di progetto pari a  $I_n = 522$  A si potrà avere al massimo una corrente di Corto Circuito,  $I_{cc} = 574$  A.

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

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20, con riferimento anche a quanto contenuto nelle Linee Guida di Enel Distribuzione.

L'impianto risulta pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: Dispositivo del generatore (DDG); Dispositivo di interfaccia (DDI); Dispositivo generale (DG).

### 8.1. DISPOSITIVO DEL GENERATORE

Il dispositivo del generatore assicura il sezionamento dell'impianto eolico in caso di guasto. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dei generatori dalla rete elettrica.

### 8.2. DISPOSITIVO DI INTERFACCIA

Il dispositivo di interfaccia deve provocare 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 deve essere comandato da una bobina a mancanza di tensione, alimentata in serie ai contatti di scatto dei relè della protezione di interfaccia; tale bobina deve 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 è costituito dai relè che rilevano come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono dai limiti di tensione e frequenza di seguito indicati:

- minima tensione:  $0,7 V_n$  (27)
- massima tensione:  $1,2 V_n$  (59)
- minima frequenza:  $49,7$  Hz ( $81 <$ )

<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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 8 di 18
---	--	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

– massima frequenza: 50,3 Hz(81>)

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, tra l'altro, che il generatore continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, viene 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).

### 8.3. DISPOSITIVO GENERALE

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

La Protezione generale deve comprendere

- 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).

## 9. COLLEGAMENTO ALLA RTN

La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'impianto fotovoltaico, per una potenza in immissione di circa 29,5 MW, avverrà mediante collegamento in antenna AT alla stazione esistente RTN 380/150 kV "Brindisi Sud".

Si specifica che il preventivo di connessione di Terna SpA, codice pratica n. 201900086 del 24/04/2019, prevedeva che l'impianto fotovoltaico in progetto fosse collegato al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Terna SpA denominata "Brindisi Sud", in condivisione dello stallo con altri produttori.

Con nota di aggiornamento del 06/05/2020 avente ad oggetto "Trasmissione documentazione progettuale" in sostituzione alla soluzione di connessione indicata in precedenza, Terna ha trasmesso la planimetria della SE RTN a 380/150 kV dalla quale si evince la nuova l'ubicazione dello stallo esistente assegnato, sempre in condivisione con altri produttori, come di seguito riportato.

<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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 9 di 18
---	--	----------------

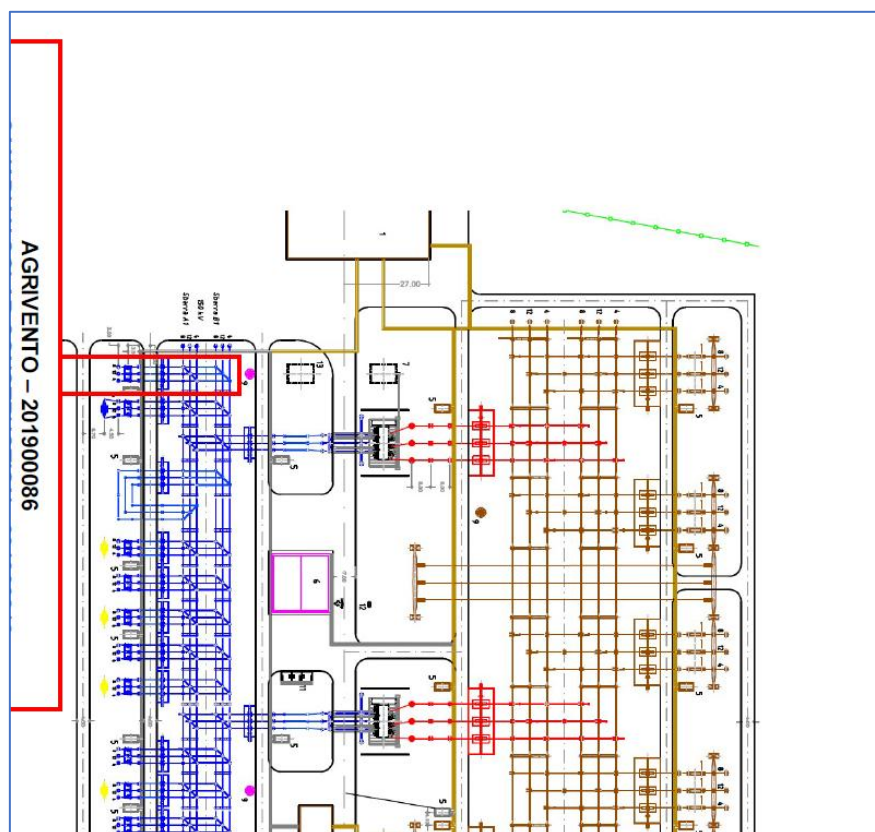


Figura 2 - planimetria allegata alla nota 06/05/2020

Con nota del 14/01/2021 Terna SpA ha comunicato il benestare al progetto delle opere di connessione alla RTN.

Di seguito si riporta la procedura attuata :

- in data 21/08/2019 è stata trasmessa a Terna l'accettazione del preventivo di connessione;
- in data 03/09/2019 è stata effettuata la richiesta a Terna di documentazione tecnica in merito alla documentazione progettuale relativa alle opere per la connessione alla RTN;
- in data 24/12/2019 è stata ricevuta da Terna la documentazione progettuale con indicazione dello stallo assegnato
- in data 06/05/2020 è stato ricevuta da Terna la documentazione progettuale con indicazione del nuovo stallo assegnato, in sostituzione del precedente.
- in data 06/11/2020 è stato trasmesso a Terna il progetto degli impianti per la connessione ai fini del rilascio del Benestare.
- in data 14/01/2021 Terna ha comunicato il benestare al progetto delle opere di connessione alla RTN.

## 9.2. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE AT/MT 150/30 kV

L'impianto fotovoltaico 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.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

La sottostazione elettrica di trasformazione sarà realizzata in un'area di circa 2000 mq ricadente nel territorio del Comune di Brindisi, nelle immediate vicinanze della SE Brindisi Sud di Terna e più precisamente nella particella n. 105 del foglio 177. L'area della Sottostazione sarà opportunamente recintata e vi sarà un accesso carrabile, così come riportato negli elaborati grafici progettuali. All'interno dell'area vi saranno degli edifici di tipo prefabbricato che ospiteranno le apparecchiature MT di arrivo linea dall'impianto PV, le apparecchiature BT per i servizi ausiliari di sottostazione e un locale servizi per il personale operante in sottostazione; saranno inoltre installate le apparecchiature di elettriche di trasformazione MT/AT per la connessione dell'impianto come definito dal preventivo di connessione Terna.

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 fotovoltaico 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 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 da 40 MVA;
- Apparecchiature di protezione, sezionamento e misura dello stallo AT 150 kV.

La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'impianto per una potenza in immissione di 27,1 MW sarà in modalità antenna a 150 kV su uno stallo predisposto del futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Terna SpA denominata "Brindisi Sud, così come da preventivo di connessione di Terna SpA codice pratica n. 201900086 del 24/04/2019, successivo aggiornamento pervenuto da TERNA SPA con nota del 06/05/2020 e Benestare Terna al progetto delle opere di connessione alla RTN del 14/01/2021.

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:

<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 TECNICA DI          CONNESSIONE</b>	Pagina 11 di 18
---	--	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITA' MAFFEI	Nome del file: <b>MRR-CIV-REL-032_02</b>
---	--	---

- Corrente nominale: 1250 A

Trasformatori di corrente:

- Rapporto di trasformazione nominale: 400-1600/5 A/A
- 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.

**Interruttore a tensione nominale 150 kV**

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m <sup>3</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	O-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
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	270
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤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

**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

### 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.



### 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

### 9.3. CARATTERISTICHE DEL CAVIDOTTO AT

Le caratteristiche elettriche e tecniche principali dei cavi e le sezioni tipiche che si utilizzeranno per la realizzazione della connessione AT tra la Sottostazione elettrica 30/150 kV e lo stallo predisposto della SE Brindisi Sud, sono riportate nella tabella seguente. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

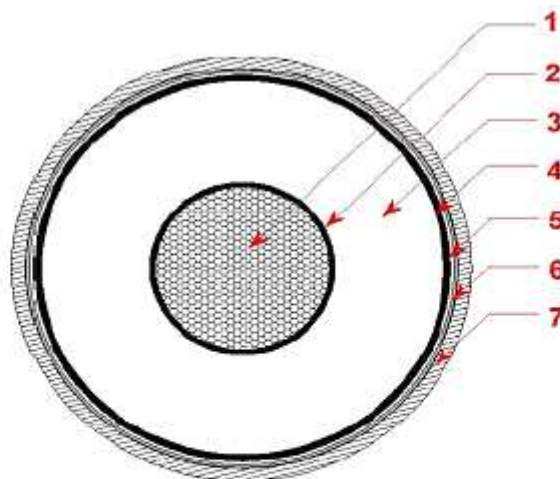
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Corrente nominale	1000 A
Potenza nominale	260 MVA
Sezione nominale del conduttore	1600 mm <sup>2</sup>
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm

Come si evince dalla tabella, il cavo previsto risulta largamente sufficiente per la connessione dell'impianto fotovoltaico in progetto, in quanto la potenza dell'impianto fotovoltaico, di circa 27 MW, risulta ben inferiore alla potenza nominale supportata dal cavo stesso. Sebbene tale cavo dovrà supportare anche l'energia fornita da altri produttori che intendono connettere impianti di produzione di potenza analoga a quella in progetto, tale cavo risulterà comunque sufficiente.

### 9.3.1. Caratteristiche meccaniche del conduttore di energia

L'elettrodotto a 150 kV sarà realizzato con una terna di cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 1600 mm<sup>2</sup>.

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato



- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Conduttore                    | 5. Rivestimento impermeabile |
| 2. Strato semiconduttivo interno | 6. Guaina metallica          |
| 3. Isolante                      | 7. Guaina protettiva esterna |
| 4. Strato semiconduttivo esterno |                              |

### 9.3.2. Modalità di posa e di attraversamento

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavidotto con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di riporto.

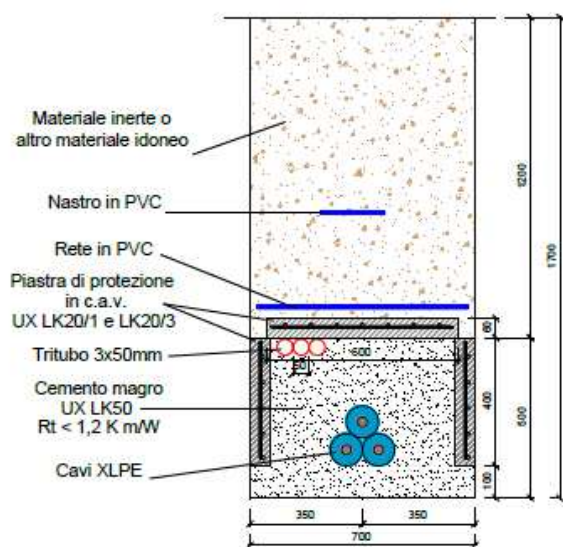
Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

In corrispondenza degli attraversamenti di canali, svincoli stradali, o di altro servizio, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

### 9.3.3. Sezione tipica di scavo e di posa

ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO IN TERRENO AGRICOLA



ESEMPIO DI POSA A TRIFOGLIO SU SEDE STRADALE

