

# PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE "SOLAR HILLS"

da 85,12 MWp - Manciano (GR)

REGIONE  
TOSCANA



# E-R03

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE CAVIDOTTI



**Proponente**

**MAAG ULIVO S.R.L.**

Via E. Maragliano, 43 - 00151 (RM)



**Investitore agricolo superintensivo**

**OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.**

Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)



**Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione**

*Progettista:* Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Arch. Alessandro Visalli

*Collaboratori:* Urb. Patrizia Ruggiero, Arch. Anna Manzo, Agr. Giuseppe Maria Massa

studio di architettura del paesaggio

**Progettazione elettrica e civile**

*Progettista:* Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

*Collaboratori:* Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini



**AEDES GROUP**  
ENGINEERING

**Progettazione oliveto superintensivo**



**MARE  
RINNOVABILI**

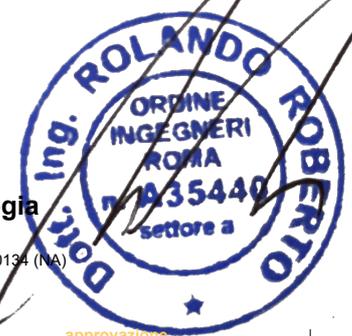
**Consulenza geologia**

Geol. Gaetano Ciccarelli

**Consulenza archeologia**

**Apoikia S.R.L.**

Via Sant'Anna dei Lombardi, 16 - 80134 (NA)



05 ● 2023

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Rolando Roberto	Giselle Roberto	Rolando Roberto
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

## Sommario

### 1 DATI TECNICI DEL PROGETTO AGROVOLTAICO

---

2

### 2 DATI CAVIDOTTI E TRACCIATI

---

3

- 2.1 Modalità di posa e dati generali cavidotti ..... 3
- 2.2 Tracciato cavidotto esterno di linea MT ..... 5
- 2.3 Tracciato cavidotto di linea AT ..... 9

### 3 SPECIFICHE TECNICHE CAVIDOTTI INTERRATI

---

10

- 3.1 Specifiche tecniche cavidotto interrato di linea MT ..... 10
- 3.2 Specifiche tecniche cavidotto interrato di linea AT ..... 13



# 1 DATI TECNICI DEL PROGETTO AGROVOLTAICO

---

Il progetto agrovoltaiico "Solar Hills", di cui è soggetto proponente la società MAAG ULIVO S.r.l., avrà una potenza nominale pari a 85.118,4 kWp e sarà ubicata nei Comuni di Manciano (GR).

E' prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici in silicio cristallino della potenza specifica di 690 Wp su inseguitori "double portrait". La superficie riporta un'estensione totale pari a 135,6 ha attualmente a destinazione agricola.

L'impianto agrovoltaiico in oggetto sarà composta sostanzialmente da tre componenti principali: il generatore fotovoltaico, i gruppi di conversione di energia elettrica e la stazione di elevazione MT/AT. Il generatore sarà costituito dai moduli fotovoltaici, connessi in serie/parallelo per ottenere livelli di tensione e corrente idonei all'accoppiamento con i gruppi di conversione.

La potenza specifica di 690 Wp dei moduli fotovoltaici in silicio cristallino è da intendersi come potenza di picco espressa nelle condizioni standard meglio descritte nelle normative di riferimento (IEC 61215).

I moduli del generatore erogheranno corrente continua (DC) che, prima di essere immessa in rete, sarà trasformata in corrente alternata (AC) da gruppi di conversione DC/AC (inverter) ed infine elevata dalla bassa tensione (BT) alla media tensione (MT 30 kV) della rete di raccolta interna per il convogliamento alla stazione di trasformazione MT/AT per l'elevazione al livello di tensione della connessione alla rete nazionale.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 sulla sezione 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Montalto-Suvereto".

La sottostazione MT/AT rappresenterà sia il punto di raccolta dell'energia prodotta dal campo agrivoltaiico che il punto di trasformazione del livello di tensione da 30 kV a 36 kV, per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale.

La sottostazione utente sarà unica.

Il collegamento tra le SSE e la SEU avverrà mediante cavo interrato a 36 kV che si attesterà ad uno stallo di protezione AT.

## 2 DATI CAVIDOTTI E TRACCIATI

---

### 2.1 Modalità di posa e dati generali cavidotti

I cavidotti interni e di collegamento d'impianto saranno realizzati completamente interrati. Come da particolari presenti nella tavola tecnica "Tracciati BT-MT", i cavidotti BT ed MT interni d'impianto, i cavidotti MT di collegamento tra lotti d'impianto e la sottostazione utente avranno profondità e larghezza variabile.

Lungo il percorso delle tubazioni, saranno previsti pozzetti di sezionamento ed ispezione; sarà privilegiata quando possibile la posa in corrispondenza della viabilità esistente, fin quando possibile, in affiancamento nella banchina stradale, e si interesserà la sede stradale solo ove non sia disponibile uno spazio di banchina.

Il cavidotto sarà posato quasi interamente in corrispondenza della viabilità esistente, che risulta essere sia asfaltata che sterrata (viabilità regionale, provinciale, comunale, vicinale e interpodereale).

In alcuni limitati tratti il percorso del cavidotto attraverserà terreni privati, mantenendo comunque il suo percorso su strade sterrate esistenti, non censite in catasto e classificabili, quindi, come strade private.

Nelle zone in cui i cavidotti attraverseranno i corsi d'acqua si utilizzerà l'affiancamento ai ponti stradali esistenti. I cavidotti MT saranno posati in affiancamento alla viabilità esistente, risulteranno completamente interrati e quindi non visibili.

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame (o alluminio) con le seguenti prescrizioni:

- tipo FG16 (o ARG16), ARE4R, ARE4H5E se in esterno o in cavidotti su percorsi interrati;
- tipo FS17 se all'interno di cavidotti interni a cabine.

Si dovrà porre particolare attenzione alle tensioni di isolamento. In particolare le tratte di potenza in corrente alternata distribuite in bassa tensione saranno a 800V nominali (tensione di uscita degli inverter). Per queste tratte la tensione minima di isolamento dovrà essere 0,6/1 kV.

Le sezioni dei cavi per energia sono scelte in modo da:

- contenere le cadute di tensione in servizio ordinario entro il 4% (valore imposto dalla normativa vigente). Il valore deve intendersi riferito tra i morsetti di bassa tensione del punto di fornitura o del trasformatore, ed il punto di alimentazione di ciascuna utenza;

- rispettare le tabelle CEI-UNEL relative alla portata dai cavi, tenendo conto dei coefficienti correttivi in ragione delle condizioni di posa;
- le sezioni delle singole linee sono come da schema elettrico allegato e comunque mai inferiori a 1,5 mm<sup>2</sup>.

Le condutture sono messe in opera in modo che sia possibile il controllo del loro isolamento e la localizzazione di eventuali guasti, in particolare è stato vietato l'annegamento sotto intonaco o nelle strutture.

Questa prescrizione vale anche per i conduttori di terra (con la sola esclusione dei collegamenti equipotenziali). I tubi per la distribuzione delle condutture saranno in materiale plastico PVC flessibile di tipo pesante per la distribuzione nei tratti incassati nei pavimenti e nei tratti incassati nelle pareti. Tutte le curve saranno con largo raggio, le derivazioni saranno eseguite solamente a mezzo di cassette di derivazione.

I tubi per la posa a vista saranno di tipo rigido, ad elevata resistenza meccanica ed in materiale autoestinguente. I tubi avranno un percorso verticale od orizzontale sulle pareti. Saranno rigorosamente evitate le pose oblique. Il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti, con un minimo di 11 mm e con un coefficiente di riempimento 0,4. Eventuali canali portacavi saranno in lamiera di acciaio zincato. Si utilizzerà un coefficiente di riempimento non superiore a 7/10, laddove si presentino rischi di abrasione delle condutture si utilizzano particolari accorgimenti per evitare detti rischi.

<b>CALCOLO VOLUME DI SCAVO LINEE BT E MT INTERNE IMPIANTO</b>				
<b>SEZIONI</b>	<b>LUNG (m)</b>	<b>LARG (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>VOL (m³)</b>
<b>1S</b>	2351,6	0,6	1,20	1.693
<b>2</b>	47	0,8	1,20	45
<b>2s</b>	331	0,8	1,20	318
<b>3s</b>	97,5	1,1	1,20	129
<b>A</b>	694,4	0,6	0,80	333
<b>A1s</b>	2222,2	0,8	1,20	2.133
<b>A2s</b>	220	0,8	1,20	211
<b>As</b>	5295,3	0,6	0,80	2.542
<b>B1s</b>	228	0,8	1,20	219
<b>B2s</b>	165,6	1,1	1,20	219
<b>Bs</b>	1203,3	0,8	0,80	770

<b>C1s</b>	708,5	1,1	1,20	935
<b>C2s</b>	294	1,1	1,20	388
<b>Cs</b>	326,8	1,1	0,80	288
<b>Ds</b>	11,6	1,1	1,20	15
<b>Xs</b>	235	0,6	1,25	176
<b>TOT.</b>				<b>10.414</b>

**Tabella 1 – Tipologia tracciati e volumi di scavo**

CABINA - PIASTRA	L scavo BT (m)	L scavo MT (m)
A1-A3 / P1	1.891	593
A4-A13 / P2	5.876	4.307
A14-A15 / P3	1.559	246
A16-A18 / P4	2.043	2.291
<b>TOTALE</b>	<b>11.369</b>	<b>7.437</b>

**Tabella 2 – Lunghezza scavi per passaggio linee BT ed MT interne**

## 2.2 Tracciato cavidotto esterno di linea MT

Il cavidotto di connessione alla RTN del' impianto agrivoltaico ha una lunghezza rispettivamente di circa 3,9 km territori dei Comuni di Manciano (GR) e Montaltro di Castro (VT). Il cavidotto sarà posato quasi interamente in corrispondenza della viabilità esistente. In alcuni limitati tratti il percorso dei cavidotti attraverserà terreni privati.

<b>CALCOLO VOLUME DI SCAVO ELETTRODOTTO VERSO S.E.</b>				
SEZIONI	LUNG (m)	LARG (m)	H (m)	<b>VOL (m³)</b>
SEZ X	3.700	0,60	1,25	<b>2.775</b>
			<b>TOT.</b>	<b>2.775</b>

**Tabella 3 – Tipologia tracciati e volumi di scavo cavidotto esterno MT verso SE esterni all'impianto**

Il cavidotto MT che porta alla sottostazione utente MT/AT avrà origine dal sud della piastra 4, da questo

punto in poi segue il percorso descritto di seguito:

- Corre lungo "Strada Ponte Dell'abbadia" in direzione Sud-Est per circa 1.700 metri;
- All'incrocio, svolta a sinistra percorrendo una strada interpoderale per 2.100 metri in direzione Nord, attraversando dei capannoni agricoli;
- Svolta a sinistra in una strada di campo, per 70 metri fino ad intercettare la SE sulla sinistra;
- Arriva alla SE.



**Figura 1 - Tracciato MT verso la SE parte1**



Figura 2 – Tratto iniziale del cavidotto, inserzione sulla strada “Strada Ponte Dell’Abbadia”

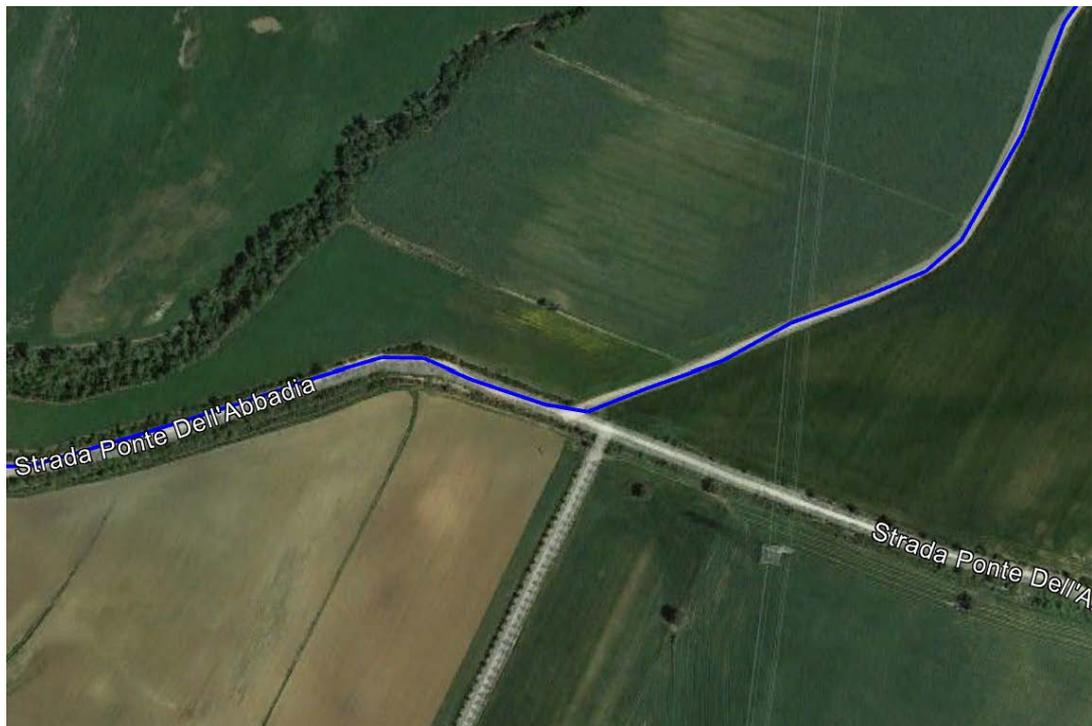


Figura 3 – incrocio tra Strada Ponte Dell’Abbadia e strada interpoderale



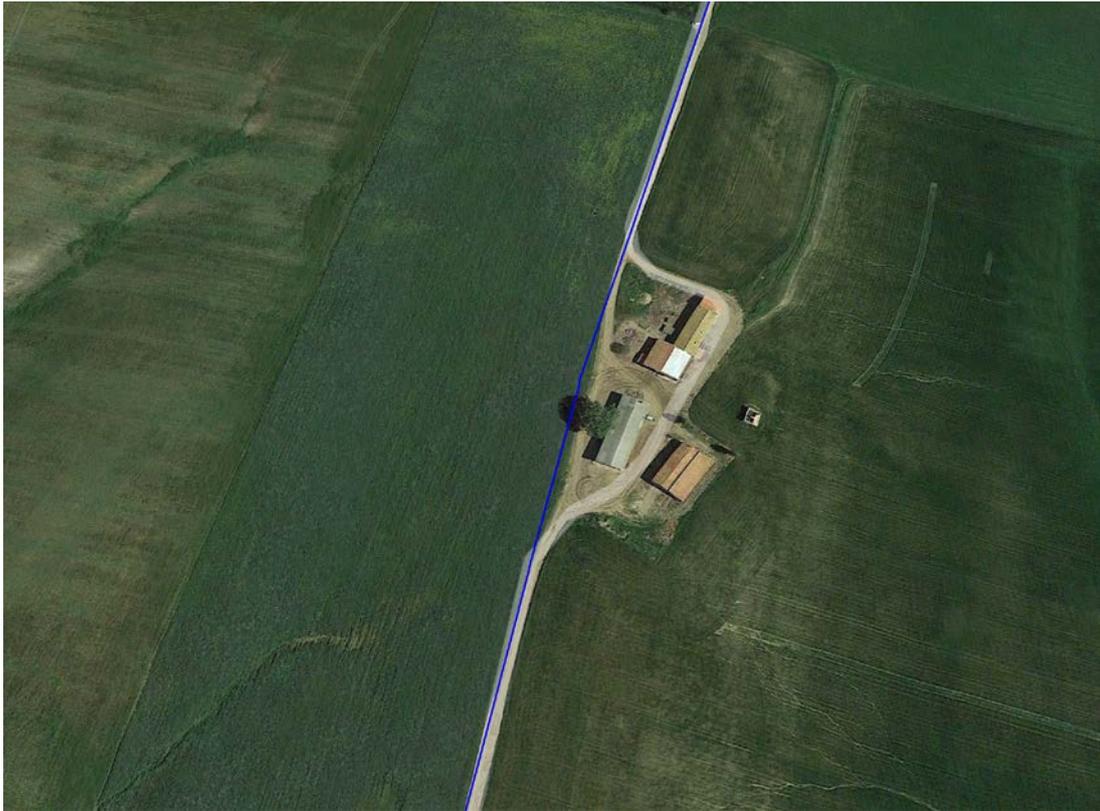


Figura 4 – Attraversamento capannoni agricoli

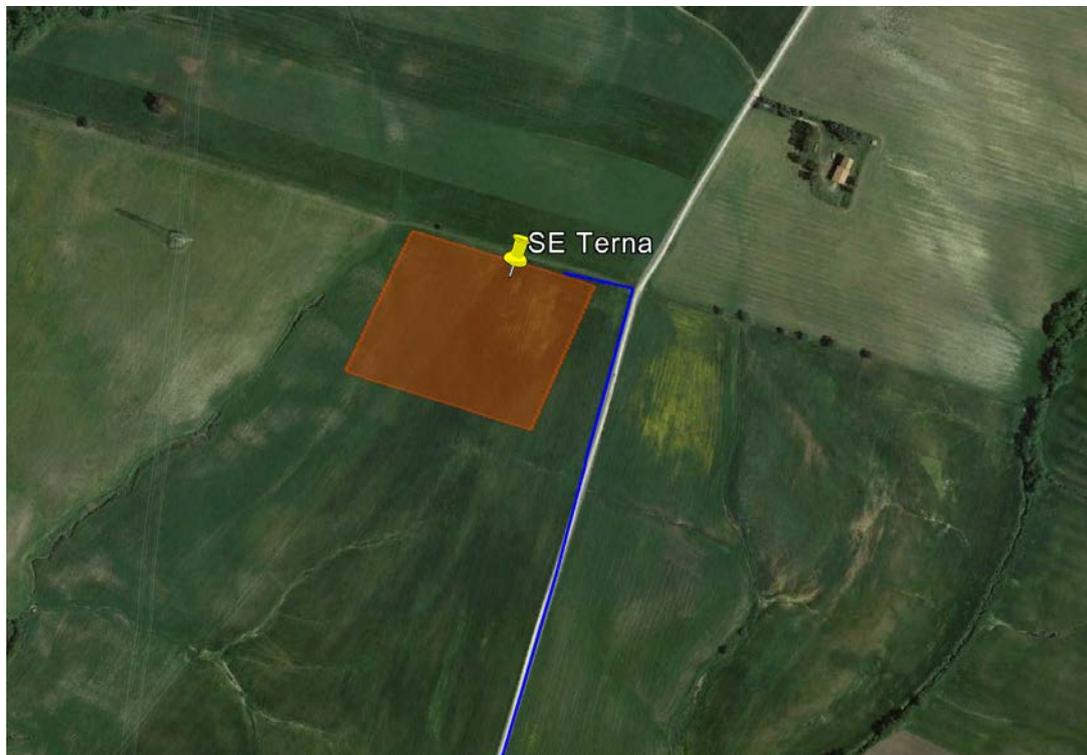


Figura 5 – Punto di innesto tra strada interpodereale e strada di campo verso SE



### 2.3 Tracciato cavidotto di linea AT

Il collegamento AT, in antenna a 36 kV sulla sezione 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “ Montalto-Suvereto”. La sottostazione MT/AT rappresenterà sia il punto di raccolta dell’energia prodotta dal campo agrivoltaico che il punto di trasformazione del livello di tensione da 30 kV a 36 kV, per consentire il trasporto dell’energia prodotta fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale.

La sottostazione utente sarà unica.

Il collegamento tra le SSE e la SEU avverrà mediante cavo interrato a 36 kV che si attesterà ad uno stallo di protezione AT.



Figura 6 Localizzazione nuova SE

### 3 SPECIFICHE TECNICHE CAVIDOTTI INTERRATI

#### 3.1 Specifiche tecniche cavidotto interrato di linea MT

Il cavo interrato in MT sarà posato su letto di sabbia secondo le Norme CEI 11-17. Sono state previste due tipologie di sezioni di scavo:

- terna di cavo per il collegamento della cabina di raccolta dell'impianto fotovoltaico alla stazione utente MT/AT su strade asfaltate;
- terna di cavo per il collegamento della cabina di raccolta dell'impianto fotovoltaico alla stazione utente MT/AT su strade non asfaltate.

Sui fondi di terreno privati (ivi comprese le strade vicinali), interessati dal tracciato del cavidotto in oggetto, verrà apposta una servitù di elettrodotto per una fascia di 2 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto, come previsto dalla tabella con indicazione delle fasce di asservimento per tipologia di cavidotto - "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" di seguito riportata.

Tipo di linea	Natura conduttore	Sezione o diametro	Palificazione	Armamento	Lunghezza campata ricorrente (1)	Larghezza fascia (2)
BT	Cavo interrato	qualsiasi				3 m
MT	cavo aereo	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	4 m
	Cavo interrato	qualsiasi				4 m
	rame nudo	25/35 mm <sup>2</sup>	qualsiasi	qualsiasi	160 m	11 m
	rame nudo	70 mm <sup>2</sup>	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Al- Acc. Lega di Al	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	250 m	19 m
AT fino a 150 kV	All-Acc	$\Phi = 22,8$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	400 m	27 m
			tralicci doppia terna	sospeso	400 m	28 m
	All-Acc	$\Phi = 31,5$ mm	tralicci semplice terna	sospeso	350 m	29 m
			tralicci doppia terna	sospeso	350 m	30 m
	Cavo interrato	qualsiasi				5 m



Di seguito si riportano le modalità costruttive del cavidotto MT interrato:

- scavo della profondità tra 1.20 e 1,50 metri;
- letto di sabbia pari a 15-20 cm su cui posizionare il cavidotto;
- letto di sabbia pari a 50 cm per alloggiamento del cavidotto;
- posa in opera di nastro di segnalazione;
- riempimento in materiale arido proveniente dallo scavo per una profondità di circa 40 cm;
- strato finale di completamento per sottofondo e ripristino dello stato *quo ante*.

Nella seguente figura risulta descritto un tipico della modalità costruttiva in sezione. Il cavidotto di collegamento tra l' impianto e la cabina di trasformazione MT/AT avrà uno sviluppo di circa 3.700 . Verranno realizzate per quanto riguarda RT1 una terna di cavo 3 x 630 mmq cod. ARE4H5E o altro di caratteristiche

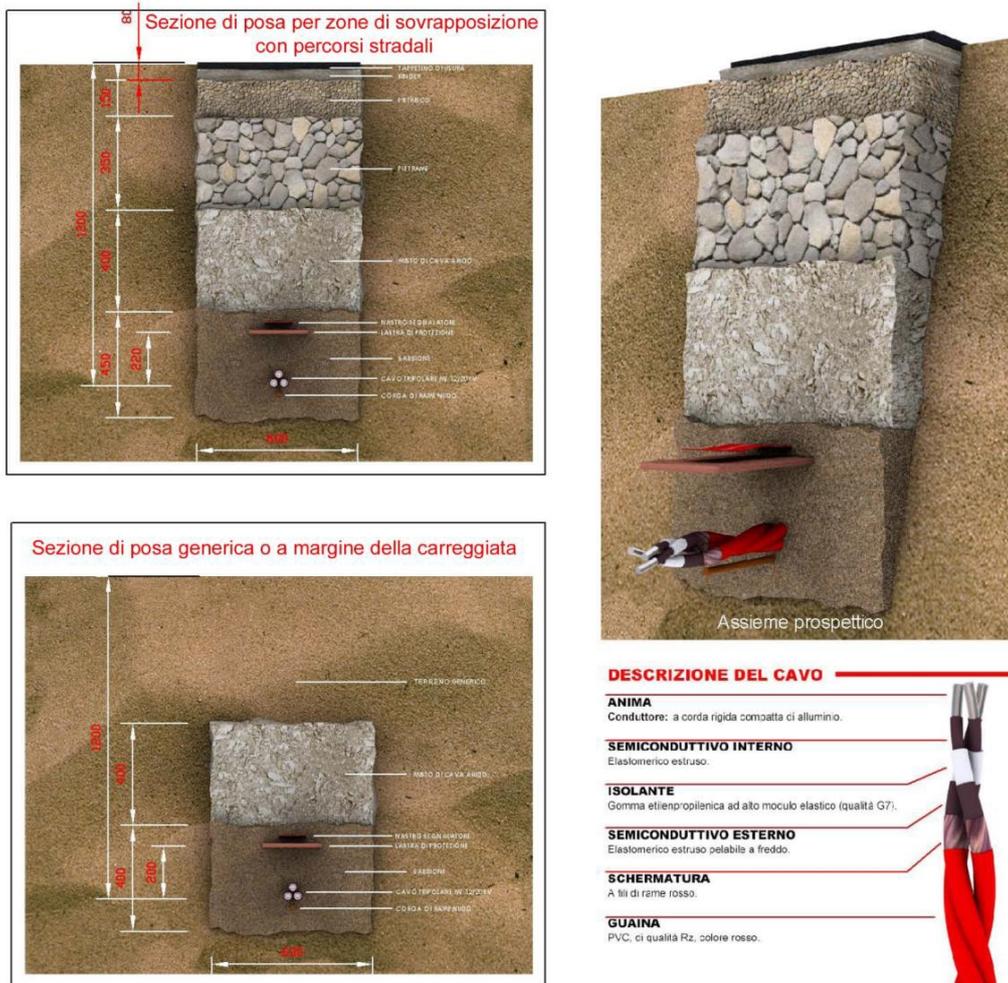


Figura 7 - Sezione tipo cavo interrato MT

equivalenti, in funzione della disponibilità dei fornitori.

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	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
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470
240	18,2	28,5	37	1310	490
300	20,8	31,7	42	1560	550
400	23,8	34,9	45	1930	610
500	26,7	37,8	48	2320	650
630	30,5	42,4	53	2880	700

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	423
500	787	627	482
630	916	712	547

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

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

#### 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
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Per quanto riguarda RT1 la sezione dei conduttori da utilizzarsi è calcolata cautelativamente sulla massima potenza di esercizio pari a 77.760 kW, considerata una lunghezza del tracciato di circa 3.935 m. La potenza espressa è intesa come massima potenza erogabile dai convertitori presenti. Per il calcolo della corrente di impiego viene considerata una tensione nominale di 30 kV e un  $\cos\phi = 0,9$ .

Si noti che le correnti di impiego calcolate sono ampiamente cautelative. Le sezioni scelte garantiranno peraltro cadute di tensione contenute mediamente al 3% delle tensioni nominali.

Per le giunzioni elettriche MT (ogni 200-300 m circa) saranno utilizzati connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale ritraibile.



Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si dovranno applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale ritraibile e capicorda di sezione idonea. In casi particolari e secondo la necessità, la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, di colore rosso, di diametro nominale 200 mm, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza al furto. I montaggi delle opere elettromeccaniche dovranno essere eseguiti a "perfetta regola d'arte". Prima della messa in servizio dovranno essere eseguite le prove di isolamento prescritte dalla Norma CEI 11-7.

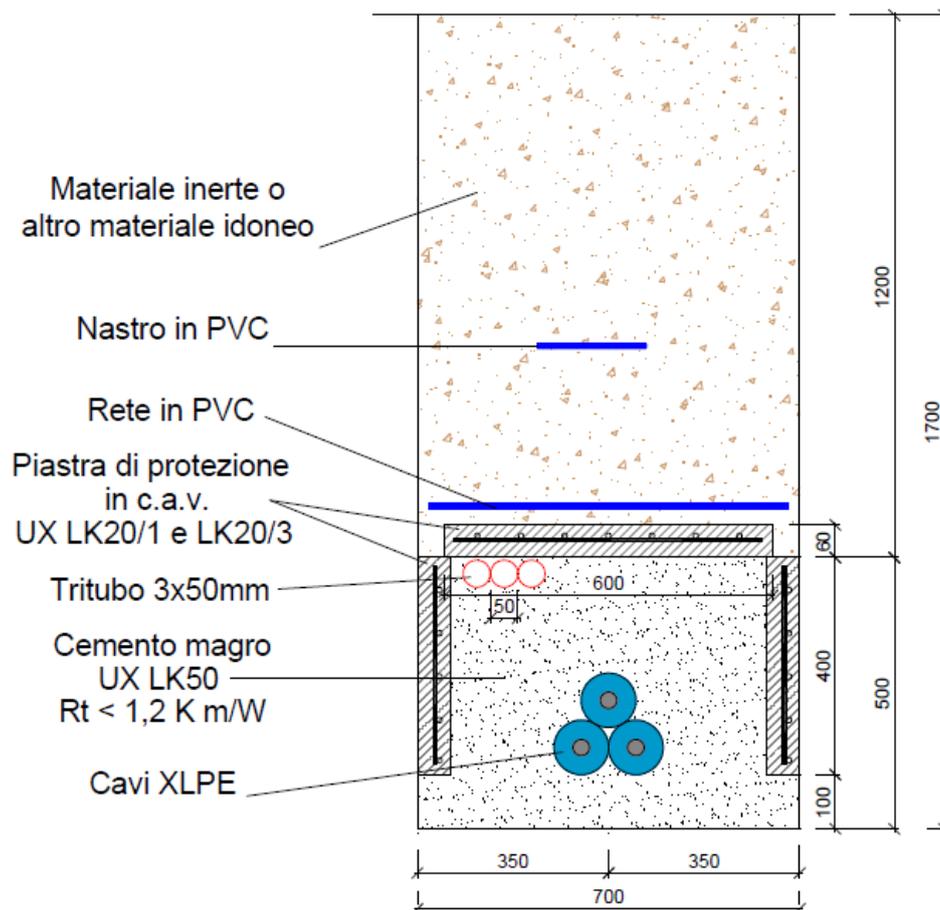
### 3.2 Specifiche tecniche cavidotto interrato di linea AT

L'energia prodotta alla tensione di 30 kV dall'impianto fotovoltaico sarà inviata allo stallo di trasformazione della costruendo stazione di Utenza. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 36 kV tramite trasformatore 30/36 kV, alla sezione 36 kV della stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT tra i terminali cavo della stazione d'Utenza e terminali cavo del relativo stallo in stazione di condivisione.

Il cavo sarà direttamente interrato con posa in piano e racchiuso in uno strato di calcestruzzo magro. Lo scavo sarà poi ripristinato con opportuno rinterro eventualmente eseguito con i materiali di risulta dello scavo stesso.

**6.4.1 Configurazioni di posa e collegamento degli schermi metallici**

**6.4.1.1 Esempio di posa a trifoglio in terreno agricolo**



**Figura 8 - Posa cavidotto tipo AT su terreno agricolo**