



REGIONE LAZIO



Comune di Roma (RM)

PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza di picco di 18,21 MWp presso via Boccea

TITOLO

Relazione Tecnica dei Cavidotti

PROGETTAZIONE	CONSULENZA	PROPONENTE
 <p>SR International S.r.l. C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F. e P.IVA 13457211004</p> 	<p>MASSIMO FORDINI SONNI ARCHITETTO</p> <p>Arch. Massimo Fordini Sonni Via Verdi 16c, Celleno (VT) - 01020 C.F. FRD MSM 65C21C446A, P.IVA 01505150563</p> <p>Collaboratori: Arch. Alessandra Rocchi Arch. Marco Musetti</p>  	<p>SWE IT 09 Srl</p> <p>SWE IT 09 Srl. Con sede legale a Milano (MI) Piazza Borromeo 14 - 20123 C.F. e P.IVA 12498800965</p>

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	1/05/2023	Faggiani	Bartolazzi	SWE IT 09 Srl	Relazione Tecnica dei Cavidotti

N° DOCUMENTO	SCALA	FORMATO
SWE-BCC-RTC	--	A4

INDICE

INDICE DELLE FIGURE.....	2
INDICE DELLE TABELLE	2
1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FV	3
3. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA	3
4. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI	4
5. VINCOLI	4
6. INTERFERENZE.....	4
7. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT.....	5
7.1 PREMESSA	5
7.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
7.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT INTERNO ALL'AREA DI IMPIANTO	6
7.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT DI COLLEGAMENTO CON LA CP	7
7.5 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI.....	8
7.5.1 Dimensionamento dei cavi in MT tra cabine di trasformazione e cabina utente	8
7.5.2 Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine utenti e le cabine di consegna	9
7.5.3 Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine utenti e la CP.....	10
7.6 MODALITA' DI POSA E RIPRISTINI	11
7.7 RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI	14
7.8 PROTEZIONE MECCANICA DEL CAVIDOTTO.....	15
7.9 SOLLECITAZIONI A TRAZIONE.....	16
7.10 PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	16
7.10.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE	16
7.10.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	17
7.10.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	17
7.10.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO.....	17
7.11 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	18
7.11.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI.....	18
7.11.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI.....	18
7.11.3 MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI	18
7.12 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI	19
7.12.1 INCROCI E PARALLELISMI CON CAVI DI TELECOMUNICAZIONE	19
7.12.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	19
7.12.3 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAMENTO	19
7.12.4 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI, SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI	19

7.12.5	SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI	20
7.13	CAMPI ELETTRROMAGNETICI.....	20
8.	PERCORSO DEL CAVIDOTTO DI EVACUAZIONE.....	21

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1</i>	<i>- Sezioni dello scavi in MT interno all'area di impianto</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2</i>	<i>- Sezioni dello scavi in MT esterno.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3</i>	<i>- Inquadramento su ortofoto: area d'impianto, connessione alla rete.....</i>	<i>21</i>

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	- Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT interno da 240 mm ²	7
Tabella 2	- Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina utente CU1 - Impianto 1	8
Tabella 3	- Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina utente CU2 - Impianto 2	9
Tabella 4	Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine utenti e le cabine di consegna	10
Tabella 5	Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina primaria.....	11

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto i luoghi che verranno interessati dai lavori di realizzazione di un impianto agrivoltaico dalla potenza di picco pari a 18.207 kWp e con una potenza in immissione totale richiesta di circa (art.1 TICA) 17.250,0 kW. Il terreno su cui sorgerà l'impianto è ubicato nel territorio comunale di Roma, in provincia di Roma, in zona Boccea

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto sarà realizzato su strutture metalliche ad inseguitori solari o tracker, aventi un valore di azimuth pari a 28° rispetto a Sud, sulle quali verranno montati moduli monocristallini bifacciali, per una potenza nominale installata di circa 18,21 MWp. Per il layout d'impianto, in questa fase, sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 580 Wp (in condizioni STC) della Jinko Solar, modello JKM580N-72HL4-BDV, per un totale di circa 31.392 moduli fotovoltaici. I moduli saranno collegati in serie tra loro a formare stringhe da n.24 moduli ciascuna, per una potenza di stringa pari a circa 13,92 kWp. Verranno installati inverter multistringa del tipo SUN2000-330KTL-H1 della Huawei, aventi una potenza nominale in uscita trifase in alternata a 800 V pari a 300 kW, per un totale di 58 inverter.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di moduli e strutture di sostegno. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto FV.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di cavi con pari prestazioni.

3. CAVIDOTTI E MODALITA' DI POSA

I cavidotti in BT e MT interni all'impianto saranno realizzati posandoli direttamente nello scavo ed avranno rispettivamente una profondità di 0,6÷0,9 m (dipendente dal numero di terne di cavi in BT interrati) ed 1,2 m dal piano campagna, per una larghezza variabile da un minimo di 0,5 m, subordinata al numero di cavi posati nello scavo. La profondità sarà comunque tale da risultare compatibile con le lavorazioni agricole previste. Lo scavo esterno contenente i cavidotti in MT che collegano le 2 cabine di consegna alla cabina CP avrà una larghezza minima di 0,5 m ed una profondità massima di 1,2 m ed avranno una protezione meccanica in PVC per tutta la lunghezza del percorso.

Lo schema di posa dei cavidotti citati prevede un allettamento in sabbia, il riempimento col terreno escavato e una copertura superficiale con terriccio fertile per la coltivazione.

Per le giunzioni elettriche in MT 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 le varie necessità, potrà essere adottata una protezione meccanica aggiuntiva, realizzata mediante l'uso di tubazioni in materiale plastico (PVC), rigide o flessibili, di diametro nominale 160 mm o 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.

4. PROVINCE E COMUNI INTERESSATI

Il tracciato del cavidotto in MT interessa solamente il comune di Roma e la provincia di Roma.

5. VINCOLI

Per un'analisi dettagliata, si rimanda alle tavole vincolistiche ed alla relazione paesaggistica allegate. Possiamo affermare che i lavori per la realizzazione dei cavidotti verranno effettuati nel rispetto dei limiti imposti dalla legislazione vigente in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema. Il cavidotto in MT esterno all'area d'impianto, verrà interrato mediante realizzazione di scavi che rispettano le normative vigenti, cosicché non si andrà di fatto a modificare visivamente lo stato dei luoghi.

6. INTERFERENZE

Lungo il tracciato il cavidotto di evacuazione in MT verrà posato in larga parte su viabilità esistente. Percorrerà:

- Via di Boccea (3,6 km)
- Via di Santa Gemma (400 m)
- Via del Forno Saraceno (950 m)
- Via di Selva Candida (800 m)
- Via Poderano (230 m)

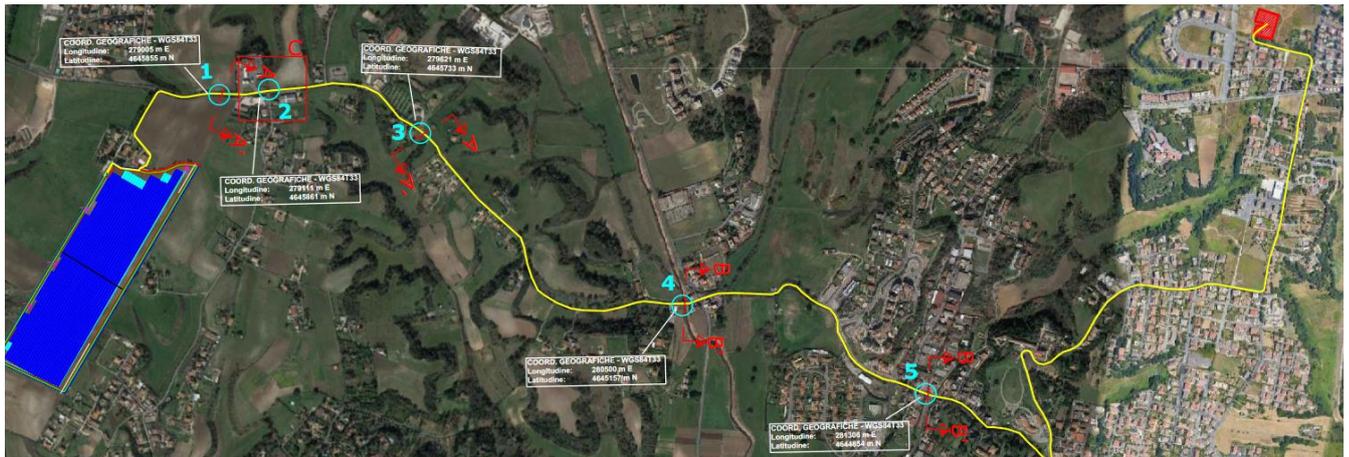


Figura 1 Percorso del cavidotto con ubicazione delle interferenze

i cavidotti interni in MT che collegano le cabine di trasformazione non risultano attraversare corsi d'acqua, fossi demaniali o sottoservizi esistenti, mentre il cavidotto di evacuazione in MT attraversa lungo il suo percorso 2 corsi d'acqua e metanodotti. Correrà anche in prossimità di alcuni resti archeologici documentati (SITAR PA 9228).

Gli attraversamenti dei corsi d'acqua avvengono sui ponti di strada esistente a mezzo di canaletta metallica affrancata al ponte.

Qualora in fase esecutiva si riscontrasse la presenza di ulteriori metanodotti, gasdotti, acquedotti, ecc.. interrati, l'attraversamento sarà effettuato in riferimento alla norma CEI 11-17 e in accordo con il rispettivo gestore di rete.

I dettagli grafici delle interferenze e sezioni possono essere consultati alla tavola allegata SWE-BCC-IE10

7. PROGETTO DEI CAVIDOTTI INTERRATI IN MT

7.1 PREMESSA

Il cavidotto che collega le cabine di trasformazione con le cabine utente sarà costituito da cavi del tipo ARE4H5(AR)EX (o similari) unipolari, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", ad elica visibile, e disposti a trifoglio negli scavi.

Il cavidotto, invece, che collega le cabine di consegna con la CP "Primavalle", sarà costituito da cavi trifase con sezione da 150 mmq ciascuno e verrà interrato, con protezione meccanica aggiuntiva. I cavi utilizzati in questa fase di progettazione saranno cordati in rame, con isolante in XLPE, ad elica visibile, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene e disposti a trifoglio nello scavo. Di seguito verranno descritti in dettaglio sia i vari percorsi che le tipologie di scavo adottate.

7.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto dei cavi e le modalità per la loro messa in opera rispondono alle norme contenute nel D.M. 21.03.1988, regolamento di attuazione della Legge n. 339 del 28.06.1986, per quanto applicabile, ed alle Norme CEI 11-17.

7.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT INTERNO ALL'AREA DI IMPIANTO

Di seguito è riportata una tabella esaustiva in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed elettriche del tipo di cavo utilizzato in questa fase della progettazione, per il collegamento elettrico tra le cabine di trasformazione e le cabine di consegna.

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION ARE4H5(AR)EX AIR BAG™ COMPACT	
	
Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV Triplex 12/20 kV and 18/30 kV	
Norma di riferimento HD 620/IEC 60502-2	Standard HD 620/IEC 60502-2
Descrizione del cavo Anima Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio Semiconduttivo interno Mescola estrusa Isolante Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8) Semiconduttivo esterno Mescola estrusa Rivestimento protettivo Nastro semiconduttore igroespandente Schermatura Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km) Protezione meccanica Materiale Polimerico (Air Bag) Guaina Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2) Marcatura PRYSMIAN (**) ARE4H5(AR)EX <tensione> <sezione> <fase 1/2/3> <anno>	Cable design Core Compact stranded aluminium conductor Inner semi-conducting layer Extruded compound Insulation Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8) Outer semi-conducting layer Extruded compound Protective layer Semiconductive watertight tape Screen Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km) Mechanical protection Polymeric material (Air Bag) Sheath Polyethylene: red colour (DMP 2 type) Marking PRYSMIAN (**) ARE4H5(AR)EX <rated voltage> <cross-section> <phase 1/2/3> <year>

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX									
sezione nominale	di diametro conduttore	di diametro sull'isolante	di diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio $p=1^{\circ}\text{C m/W}$	$p=2^{\circ}\text{C m/W}$
<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>	<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil</i>	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	$p=1^{\circ}\text{C m/W}$	$p=2^{\circ}\text{C m/W}$
Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV						Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV			
50	8,2	19,9	28	1730	550	50	186	175	134
70	9,7	20,8	29	1940	570	70	230	214	164
95	11,4	22,1	30	2230	590	95	280	256	197
120	12,9	23,2	32	2510	630	120	323	291	223
150	14,0	24,3	33	2800	660	150	365	325	250
185	15,8	26,1	35	3260	700	185	421	368	283
240	18,2	28,5	37	3930	740	240	500	427	328
300	20,8	31,7	42	4730	820	300	578	483	371

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche ed elettriche del cavo in MT interno da 240 mm²

7.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO IN MT DI COLLEGAMENTO CON LA CP

Il cavo utilizzato in questa fase della progettazione, per il collegamento elettrico tra le cabine di consegna con la CP sarà del tipo RG7H1M1X. Di seguito è riportata una tabella esaustiva in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed elettriche del tipo di cavo.

MEDIA TENSIONE - BASSISSIMA EMISIONE DI FUMI E GAS TOSSICI / MEDIUM VOLTAGE - VERY LOW EMISSION OF SMOKE AND TOXIC GASES
RG7H1M1 Afumex™
MV Power 105

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV
Norma di riferimento
HD 620 CEI 20-13
Standard
HD 620 CEI 20-13
Descrizione del cavo
Cable design
Anima
Core

Conduttore a corda rotonda compatta di rame rosso

Compact stranded bare copper conductor

Semiconduttivo interno
Inner semi-conducting layer

Elastomerico estruso

Extruded elastomeric compound

Isolante
Insulation

Mescola speciale di gomma ad alto modulo

Special high module rubber compound

Semiconduttivo esterno
Outer semi-conducting layer

Elastomerico estruso pelabile a freddo

Extruded cold strippable elastomeric compound

Schermatura
Screen

A filo di rame rosso

Bare copper wire

Guaina
Sheath

AFUMEX, colore rosso

AFUMEX; colour red

Marcatura
Marking

PRYSMIAN(**) AFUMEX MV power 105

PRYSMIAN(**) AFUMEX MV power 105

<tensione> <sez.> CEI 20-22III Cat. C. <anno>

<rated voltage> <cross-sect.> CEI 20-22III Cat. C. <year>

(**) sigla sito produttivo

(**) production site label

7.5 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

7.5.1 Dimensionamento dei cavi in MT tra cabine di trasformazione e cabina utente

Nelle tabella sottostante vengono riportati i calcoli relativi al dimensionamento dei cavi in MT e le rispettive cadute di tensione e potenza lungo i collegamenti ad anello, in cavo direttamente interrato, tra le cabine di trasformazione e la rispettiva cabina utente, per ciascuno dei 2 impianti del lotto.

CONNESSIONE AD ANELLO - IMPIANTO 1										
CT1			CT2				CT3			
lb1	I-att.-1	I-reatt.-1	lb2	I-att.-2	I-reatt.-2	lb3	I-att.-3	I-reatt.-3		
57,7	52,0	22,3	115,5	103,9	44,7	115,5	103,9	44,7		
c.d.t. max [V]	c.d.t. max [%]	c.d.t. r. [V]	c.d.t. a. [V]	XI [Ω/km]	ρ-All [mmq·Ω/m]	Lunghezza cavo tra CU1-T1 [m]	Lunghezza cavo tra T1-T2 [m]	Lunghezza cavo tra T2-T3 [m]	Lunghezza cavo tra T3-CU1 [m]	
15,0	0,13	3,3	11,7	0,1	0,036	750	215	190	375	
Iz0	Kd	Kt-20°C	Kr	Kp-1,2 [m]	K_tot	Iz	Sezione calcolata del cavo in MT - 20 kV [mmq]		Sezione commerciale del cavo in MT - 20 kV [mmq]	
407	0,84	1	1	0,98	0,82	335	233		240	

Tabella 2 - Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina utente CU1 - Impianto 1

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI - IMPIANTO 2		
Collegamento	Tra la cabina CT4 e la cabina CU2	Tra la cabina CT5 e la cabina CU2
Lunghezza cavo (m)	155	275
Intensità di corrente (A)	128,3	128,3
Conduttori per fase	1	1
Temp. Terreno (°C)	20	20
Coefficiente di correz.	1	1
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1,2	1,2
Coefficiente di correz.	0,98	0,98
N. cavi per scavo	1	3
Coeffic. per n° di strati	1	0,74
Coefficiente totale	0,98	0,73
Sezione (mm ²)	95	95
Portata ammissibile (A)	260	192
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0,073	0,130
$\Delta V\%$ accumulata	0,07	0,20
ΔP per ogni tratto (kW)	3,18	5,65

Tabella 3 - Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina utente CU2 - Impianto 2

7.5.2 Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine utenti e le cabine di consegna

La scelta della sezione del cavo MT dipende dalla corrente d'impiego, dalla portata effettiva del cavo in relazione al suo regime di funzionamento (regime permanente, ciclico o transitorio) ed alle sue condizioni di installazione (temperatura ambientale, modalità di posa, numero di cavi e loro raggruppamento, etc..) (CEI 11-17). Per la connessione tra le cabine utenti e quelle di consegna, si è scelto un cavo in MT, avente una sezione nominale pari a 3x150 mmq, del tipo RG7H1M1, interrato ad 1,2 m di profondità e protetto da tubazione in PVC il cui diametro esterno avrà un diametro minimo $\Phi=160$ mm (superiore a 1,5 volte il diametro del cavo circoscritto).

Nel seguito si elencano i parametri elettrici del suddetto collegamento:

- Cavo: 3x1x150 mmq – RG7H1M1 – cordato ad elica visibile - 12/20 kV;
- Tipologia del sistema: trifase;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione nominale: 20 kV;
- Tensione massima del sistema: 24 kV;
- Massima durata permessa di funzionamento per ogni singolo caso di funzionamento con una fase a terra, per ciascun guasto a terra: Categoria A fino ad 8 ore;

- Tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza d'esercizio tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra: $U_0 = 12 \text{ kV}$;

- Modalità di posa: in tubo interrato (CEI 11.17)

Per la determinazione della portata del cavo si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - Unel 35027:

- Profondità Posa: 1,2 m

- Temperatura del terreno di riferimento: $20 \text{ [}^\circ\text{C]}$

- Resistività termica del terreno: 1 [Km/W]

Nella tabella sottostante vengono riportati i calcoli relativi al dimensionamento del cavo in MT e le rispettive cadute di tensione e potenza lungo il tratto di connessione tra le cabine utenti e quelle di consegna.

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI		
Collegamento	Tra la cabina CU1 e la cabina CC1	Tra la cabina CU2 e la cabina CC2
Lunghezza cavo (m)	20	20
Intensità di corrente (A)	312,7	240,6
Conduttori per fase	1	1
Temp. Terreno ($^\circ\text{C}$)	20	20
Coefficiente di correz.	1	1
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1,2	1,2
Coefficiente di correz.	0,98	0,98
N. cavi per scavo	1	1
Coeffic. per n° di strati	1	1
Coefficiente totale	0,98	0,98
Sezione (mm ²)	150	150
Portata ammissibile (A)	431	431
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0,01	0,01
$\Delta V\%$ accumulata	0,01	0,02
ΔP per ogni tratto (kW)	0,94	0,56

Tabella 4 Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine utenti e le cabine di consegna

7.5.3 Dimensionamento dei cavi in MT tra le cabine di consegna e la CP

Per la connessione tra le cabine di consegna e la CP "Primavalle", si è adottato un cavo in MT del tipo RG7H1M1, avente una sezione nominale pari a $3 \times 150 \text{ mm}^2$, interrato ad 1,2 m di profondità e protetto da tubazione in PVC il cui diametro esterno avrà un diametro minimo $\Phi = 160 \text{ mm}$. Nella tabella successiva sono riportati i calcoli relativi al

dimensionamento del cavidotto in MT, contenente n.2 cavi protetti da tubazione, posati nello stesso scavo e le rispettive cadute di tensione e potenza lungo tutto il tratto di connessione.

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI		
Collegamento	Tra CC1 e CP	Tra CC2 e CP
Lunghezza	6400	6400
Intensità di corrente (A)	312.7	240.6
Conduttori per fase	1	1
Temp Terreno (°C)	20	20
Resistività termica (Km/W)	1	1
Cavi unipolari posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1.2	1.2
N cavi per scavo	2	2
Coeff. Totale	0.78	0.78
Sezione (mm ²)	150	150
Portata ammissibile (A)	345	345
$\Delta V\%$ per tratto	3.4	2.6
ΔP per ogni tratto (kW)	302.34	178.90

Tabella 5 Dimensionamento cavi in MT di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina primaria

7.6 MODALITA' DI POSA E RIPRISTINI

La protezione dei cavi all'interno degli scavi deve essere garantita attraverso una protezione meccanica in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, non solo le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto) ma anche dalle sollecitazioni derivanti dall'utilizzo agricolo del terreno sovrastante. Tale protezione può essere aggiuntiva esterna (tubazione in PVC) oppure compresa nel cavo (caso "air-bag"). Per quanto riguarda la progettazione dell'impianto fotovoltaico

lato MT interno all'area d'impianto, si è previsto l'utilizzo dei cavi con sistema "air-bag" il quale assorbe l'energia cinetica dello shock deformandosi in seguito all'impatto. Questo fa in modo che l'energia residua non danneggi le parti sensibili del cavo, come il sistema isolante e il rivestimento. Rappresenta quindi una soluzione a tale rischio, associato molto spesso all'armatura metallica, che potenzialmente potrebbe pregiudicare l'integrità del sistema isolante, riducendone l'affidabilità nel tempo. Questo sistema permette ai cavi di essere direttamente interrati.

Per i cavi in MT esterni all'area d'impianto, saranno protetti da tubazioni in PVC situata al di sopra della guaina esterna dei cavi e che ne garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Tale tubo, ha una sezione minima pari a 160 mmq, omologato ENEL.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,2 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un tritubo 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'. Saranno segnalati superiormente da un nastro segnaletico e potranno essere protetti anche da una rete in PVC. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera o in tubazioni di PVC, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Nella figura successiva sono riportate le sezioni degli scavi progettati per i cavidotti in MT, riportati in maggior dettaglio nella tavola allegata SWE-BCC-IE-07:

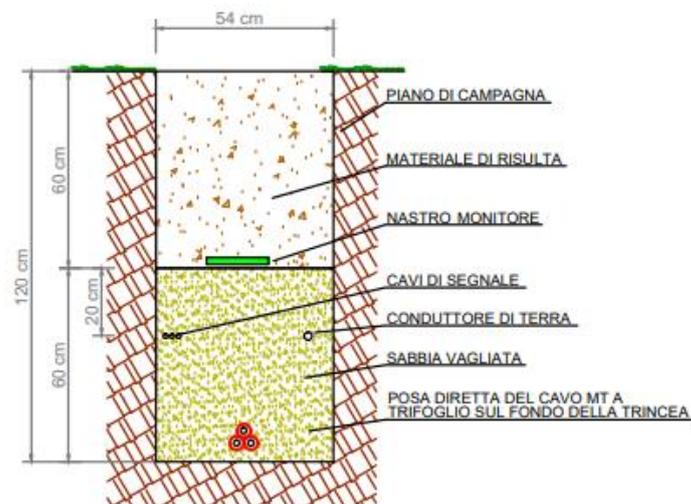


Figura 2 – Sezioni dello scavi in MT interno all'area di impianto

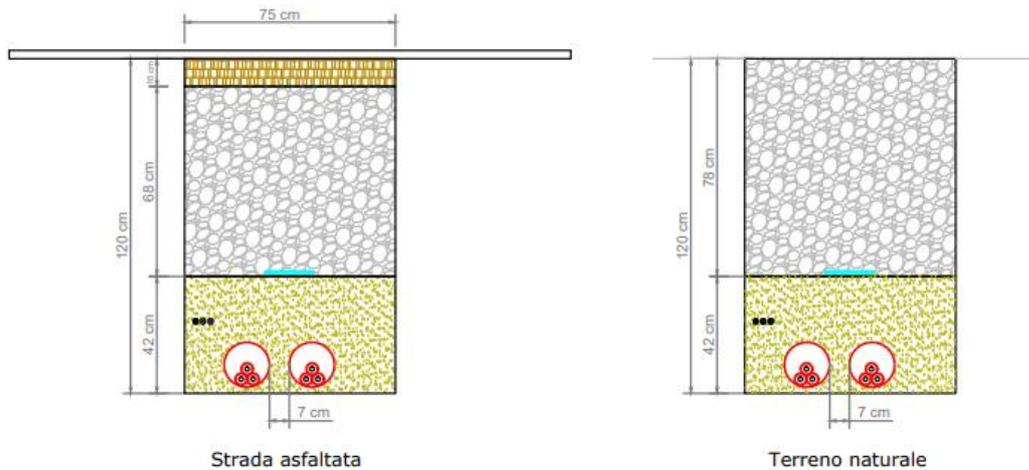


Figura 3 – Sezioni dello scavi in MT esterno

Di seguito si riportano i materiali di riempimento per le tre tipologie di scavi:

Legenda

-  Terreno di risulta
-  Sabbia o inerte prescritto
-  Nastro monitore
-  Cavo (3x1x185) mmq-12/24 kV in MT
-  Tubo di protezione-sez.min.160mm
-  Tritubo 3x50 mm

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

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 ²	qualsiasi	qualsiasi	160 m	11 m
	rame nudo	70 mm ²	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

Il rispetto delle prescrizioni sulle distanze, di cui ai precedenti paragrafi, sarà accertato con rilievi diretti eseguiti sul campo e saranno determinate in base alle strutture preesistenti, quale risulta dalle registrazioni disponibili presso i relativi esercenti e, se del caso, mediante sondaggi di verifica effettuati sul luogo.

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati, nella generalità dei casi, in assenza di specifiche prescrizioni imposte dagli enti proprietari dei terreni, con sezioni stradali standard, rispettando i volumi dei materiali stabiliti dal "Capitolato tecnico per l'appalto dei lavori di e-distribuzione".

7.7 RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

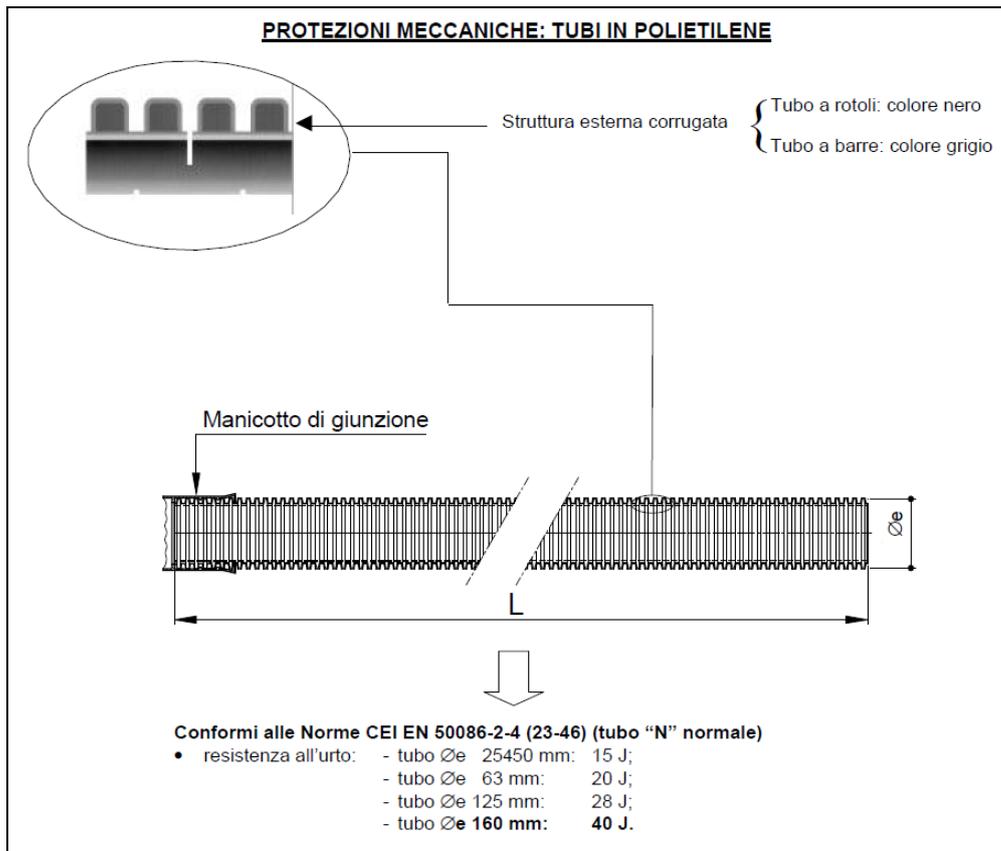
La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme specifiche o dai costruttori, i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere inferiori a:

- cavi sotto guaina di alluminio, con o senza altri tipi di rivestimento metallico, 30 D;
- cavi senza guaina di alluminio, sotto guaina di piombo, con o senza altri tipi di rivestimento metallico, 16 D;
- cavi senza guaina di alluminio o di piombo, ma dotati di altro rivestimento metallico quale armatura, conduttore concentrico, schermatura a fili o nastri (inclusi i nastri sottili longitudinali placati o saldati), 14 D;
- cavi senza alcun rivestimento metallico, 12 D;

dove D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggior diametro. Nel caso di cavi senza alcun rivestimento metallico, il raggio minimo di curvatura sopra indicato vale per conduttori di classe 1 e 2 (definita secondo la Norma CEI 20-29); per cavi con conduttori di classe 5 e 6 (sempre secondo la Norma CEI 20-29) tale raggio può essere ridotto del 25%. Nel caso di posa in condizioni favorevoli, i raggi di curvatura sopra indicati possono essere ridotti per arrivare fino alla metà per curvatura finale eseguita su sede sagomata e con temperatura non inferiore a 15°C, salvo diversa indicazione del fabbricante.

7.8 PROTEZIONE MECCANICA DEL CAVIDOTTO

Il cavo sarà dotato di una protezione meccanica agli urti, situata al di sopra della guaina esterna del cavo, che garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Tale tubo, ha una sezione minima pari a 160 mmq, omologato ENEL.



7.9 SOLLECITAZIONI A TRAZIONE

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione, pertanto si adotteranno cavi (autoportanti con organo portante) in grado di sopportare la trazione. Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori, per i quali d'altronde sarà garantito di non superare una sollecitazione di 60 kN/mm² per conduttori in rame e 50 kN/mm² per conduttori in alluminio. Se il cavo è provvisto di un'armatura, a fili o piattine, necessaria quando il previsto sforzo di tiro supera il valore sopportabile dai conduttori come detto sopra, la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori e dell'armatura, ma non deve superare del 25% le sollecitazioni ammissibili sui conduttori di cui al capoverso precedente. Si adotteranno accorgimenti tali da impedire la rotazione del cavo sul proprio asse quando è sottoposto a tiro.

7.10 PROTEZIONI CONTRO LE SOVRACORRENTI

7.10.1 SOLLECITAZIONI TERMICHE E DINAMICHE

Il riscaldamento dovuto ad una sovracorrente provoca dilatazioni tra i vari componenti metallici e non metallici del cavo le quali, sovrapponendosi alle condizioni di ridotta resistenza dei materiali riscaldati, possono causare lesioni o invecchiamenti tali da rendere inutilizzabile il cavo. Le protezioni contro le sovracorrenti saranno previste in maniera tale da contenere le temperature massime dei conduttori entro i limiti stabiliti in questo caso i valori delle temperature massime di esercizio e di cortocircuito nel caso

dell'isolante in cavo di polietilene reticolato XLPE, con temperatura massima di esercizio 90 °C e Max temperatura di corto circuito pari a 250°C che danno un valore del coefficiente K in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori in alluminio di 92 e di 143 per i conduttori in rame.

Per i cavi unipolari e per i cavi multipolari ad elica visibile, gli effetti dinamici sono assorbiti dai dispositivi di fissaggio dei cavi che devono essere conseguentemente dimensionati e distanziati.

7.10.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Nelle linee in cavo i conduttori attivi devono essere protetti mediante installazione di uno o più dispositivi di interruzione automatica, tra loro coordinati, contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti che assicurino l'interruzione dei conduttori di fase. Tali dispositivi possono assicurare:

- a) unicamente la protezione contro sovraccarichi;
- b) unicamente la protezione contro i cortocircuiti;
- c) la protezione contro entrambi i tipi di sovraccorrente.

Nel caso:

- a) essi possiedono generalmente un potere di interruzione inferiore alla corrente presunta di cortocircuito nell'impianto, ma devono essere in grado di sopportare tale corrente per la durata richiesta per il funzionamento dei dispositivi di protezione contro cortocircuito;
- b) essi devono possedere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono stati installati;
- c) essi devono sopportare e interrompere ogni corrente compresa tra il valore della loro corrente convenzionale di funzionamento ed il valore della corrente presunta di cortocircuito nel punto in cui sono installati.

7.10.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Le linee in cavo devono essere di norma protette contro le correnti di cortocircuito da dispositivi situati a monte della linea, con tempi di intervento sufficientemente rapidi da evitare danni non accettabili al cavo. Ad evitare il deterioramento dell'isolamento, il tempo di intervento deve essere tale che la temperatura dei conduttori non superi il limite massimo ammesso per qualunque valore di sovraccorrente risultante da un cortocircuito in ogni punto del cavo protetto.

7.10.4 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

La protezione dei cavi contro i sovraccarichi avrà lo scopo di prevedere la loro interruzione prima che si possano verificare effetti nocivi sia ai componenti del cavo, sia alle connessioni, sia all'ambiente esterno limitrofo. Le protezioni saranno situate sia a monte che a valle del cavo, in corrispondenza dei punti di prelievo del carico.

7.11 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI

7.11.1 USO DEI RIVESTIMENTI METALLICI DEI CAVI

Le guaine metalliche, i conduttori concentrici, gli schermi metallici e le armature, se rispondenti alle prescrizioni delle norme relative, sono mezzi di protezione sufficienti contro i contatti diretti, purchè siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- 1) il rivestimento metallico sia posto sotto una guaina non metallica qualora esista pericolo di danneggiamento chimico meccanico;
- 2) sia assicurata la continuità longitudinale del rivestimento metallico per tutto il percorso del cavo;
- 3) il rivestimento metallico sia messo a terra rispettando le disposizioni;
- 4) la resistenza elettrica del rivestimento metallico insieme con quella dei relativi collegamenti a terra e di continuità sia tale da rispondere ai requisiti.

Nel caso di terne di cavi unipolari, la continuità dei rivestimenti metallici sarà assicurata anche quando si ricorra alla loro trasposizione ciclica su tre tratti di lunghezza praticamente uguale in modo da annullare la tensione complessiva indotta nella guaina o schermo metallico.

7.11.2 MESSA A TERRA DEL RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. Per collegamenti corti, in genere non superiore al Km, è pure consentita la messa a terra del rivestimento metallico in un sol punto purchè vengano adottate le seguenti precauzioni:

- in corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni attive ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammessi dalla Norma CEI 11-1;

- la guaina non metallica di protezione del cavo deve essere in grado di sopportare la massima tensione totale di terra dell'impianto di terra al quale il rivestimento metallico è collegato.

7.11.3 MESSA A TERRA DELLE PARTI METALLICHE DELLE CANALIZZAZIONI

Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-1.

7.12 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA ED ALTRI SERVIZI

7.12.1 INCROCI E PARALLELISMI CON CAVI DI TELECOMUNICAZIONE

Quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, saranno osservate le seguenti prescrizioni:

- il cavo di energia deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione;
- la distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m;
- il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, con uno dei dispositivi.

Detti dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo dove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima della linea precedente, sarà applicata su entrambi i cavi la protezione suddetta. Quando almeno uno dei cavi sarà posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione verranno, di regola, posati alla maggiore possibile distanza tra loro; nel caso per es. di posa lungo la stessa strada, possibilmente ai lati opposti di questa.

7.12.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

I dispositivi di protezione saranno costituiti da involucri (cassette o tubi) preferibilmente in acciaio zincato a caldo o inossidabile, con pareti di spessore non inferiore a 2mm. Sono ammessi involucri protettivi differenti da quelli sopra descritti purchè presentino adeguata resistenza meccanica e sono, quando il materiale di cui sono costituiti lo renda necessario, protetti contro la corrosione.

7.12.3 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA E CAVI DI COMANDO E SEGNALAMENTO

I circuiti di comando e segnalamento potrebbero essere oggetto di disturbi, tali da alterarne il regolare funzionamento, causati da fenomeni dovuti a transitori sui circuiti di energia accoppiati con i circuiti di comando e segnalamento stessi. Per ciò che attiene alla mutua influenza dovuta a interferenze elettromagnetiche tra cavi di energia e cavi di comando e segnalamento, valgono le prescrizioni contenute nelle norme CEI 304; per le interferenze di tipo elettrico o meccanico, qualora gli esercenti di questi cavi sono diversi e non esistano tra loro particolari accordi, valgono le prescrizioni precedenti.

7.12.4 COESISTENZA TRA CAVI DI ENERGIA CON TUBAZIONI, SERBATOI METALLICI E GASDOTTI INTERRATI

Gli incroci fra cavi di energia e le tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non dovrà effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si

dovranno avere giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio, a meno che non siano attuati i provvedimenti descritti nel seguito. Nessuna particolare prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazione metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,5 m. Tale distanza sarà ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico (per es. lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido). Questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Per quanto riguarda i parallelismi fra cavi di energia e le tubazioni metalliche saranno posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30 m. Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongano fra le strutture elementari separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non saranno mai disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni per altro uso. Tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purchè il cavo di energia e le tubazioni non saranno posti a diretto contatto fra loro.

La coesistenza tra gasdotti interrati e cavi di energia posati in cunicoli od altri manufatti, è regolamentata dal D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8". Pertanto, nel caso di incroci e parallelismi tra cavi di energia e tubazioni convoglianti gas naturali, le modalità di posa ed i provvedimenti da adottare al fine di ottemperare a quanto disposto dal detto D.M. 24.11.1984, saranno definiti con gli Enti proprietari o Concessionari del gasdotto.

7.12.5 SERBATOI DI LIQUIDI E GAS INFIAMMABILI

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

7.13 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Si rimanda alla relazione d'impatto elettromagnetico allegata per il calcolo del campo magnetico generato dai cavi in MT. A titolo riassuntivo, tale studio ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana dovuti alla tipologia di posa dei cavi utilizzati, alla posizione dei cavidotti interrati e ai valori di corrente che li percorrono. I ricettori sensibili che i cavidotti incontrano durante i loro percorsi infatti, sono esterni

dalle fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa risulta inferiore agli obiettivi di qualità fissati per legge. Si ricorda che il valore del campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

8. PERCORSO DEL CAVIDOTTO DI EVACUAZIONE

Come riportato nei paragrafi precedenti, dalle cabine di consegna dell'area d'impianto, avrà origine il cavidotto di collegamento con la CP "Primavalle". Il tracciato del cavidotto, in giallo nella figura successiva, si svilupperà esternamente collegandosi direttamente all'area della CP.

Nel seguito si riporta un inquadramento su ortofoto utile ad una visione complessiva del percorso del cavidotto MT esterno

Si rimandando agli elaborati di progetto per le rappresentazioni cartografiche e catastali di dettaglio.

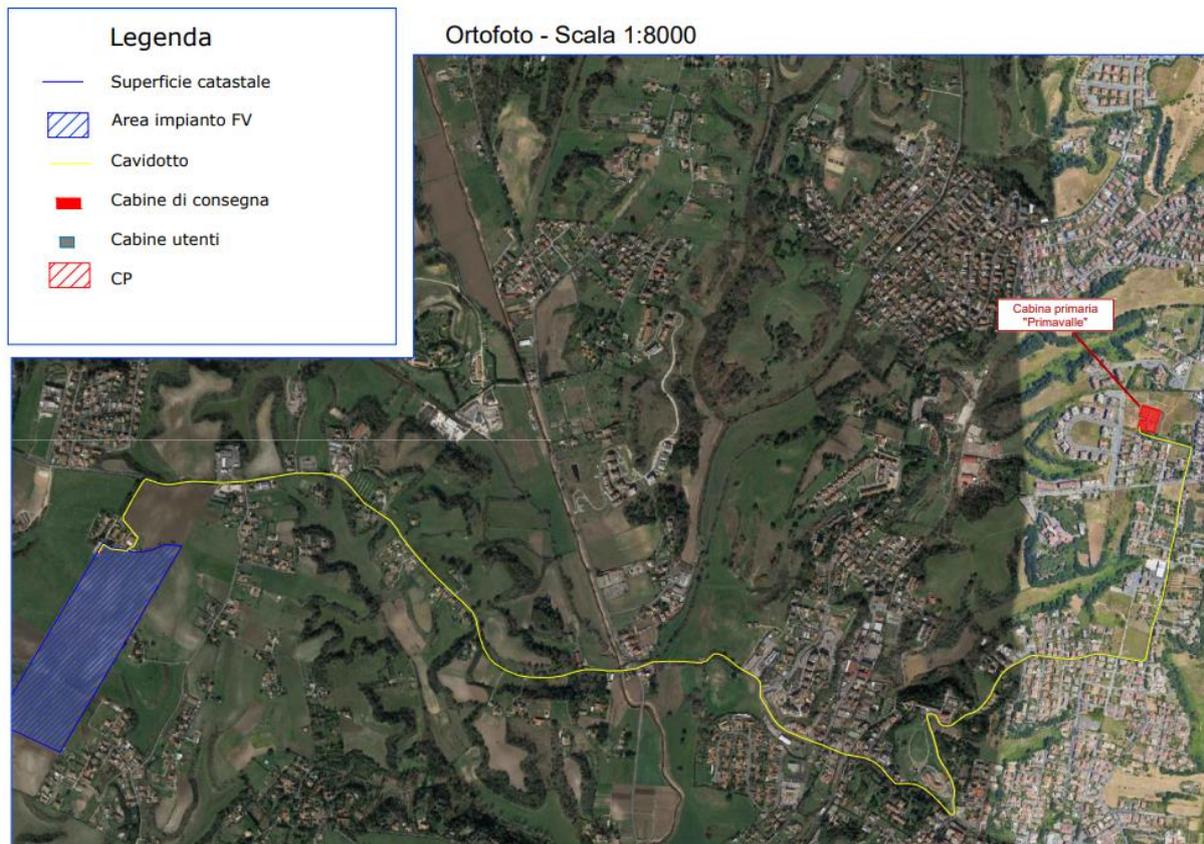


Figura 4 – Inquadramento su ortofoto: area d'impianto, connessione alla rete