



REGIONE
SARDEGNA



PROVINCIA DI
SASSARI



COMUNE DI
MORES



COMUNE DI
TORRALBA



COMUNE DI
BONORVA

Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato integrato con allevamento non intensivo di ovini, produzione agricola, produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva (SS)

Impianto FV: Potenza nominale cc: 72,618 MWp - Potenza in immissione ca: 60,00 MVA
Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE DIMENSIONAMENTO CAVO MT

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.1_03	1	15	R_2.1_03_CAVOMT.pdf	Dicembre 2023	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	22/12/2023	I Emissione	SCARDIGNO	ADORNO	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System S.r.l.

Via G. Mameli, n.5
70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it
pec: matesystem@pec.it

Progettista:

Ing. Francesco Ambron



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della proponente pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
MARMARIA SOLARE 3 S.r.l.
Via TEVERE n° 41
00198 ROMA



Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO INTEGRATO CON ALLEVAMENTO NON INTENSIVO DI OVINI, PRODUZIONE AGRICOLA, PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA E SISTEMA DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DA UBICARSI IN AGRO DI MORES (SS) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA STAZIONE ELETTRICA RTN NEL COMUNE DI BONORVA (SS)

Impianto FV:Potenza nominale cc: 72,618 MWp – Potenza nominale ca: 60 MVA

Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,000 MVA

COMMITTENTE:

MARMARIA SOLARE 1 S.r.l.

Via TEVERE, 41 00198 – ROMA

PROGETTAZIONE a cura di:

MATE SYSTEM S.R.L.

Via Papa Pio XII, 8

70020 – Cassano delle Murge (BA)

RELAZIONE DIMENSIONAMENTO CAVO MT

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

Sommario

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE GENERALE	3
3. NORMATIVE E DOCUMENTI.....	4
4. DATI INIZIALI.....	4
5. CALCOLO DELLA PORTATA IN REGIME PERMANENTE	5
6. VERIFICA DELLE CADUTE DI TENSIONE	7
7. CALCOLO DELLE PERDITE DI POTENZA ATTIVA	8
8. VERIFICA DELLA TENUTA AL CORTOCIRCUITO	8
9. CONFORMITÀ AL D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003.....	9
10. COESISTENZA TRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE.....	11
11. COESISTENZA FRA CAVI DI ENERGIA E GASDOTTI	13
12. CONCLUSIONI.....	14

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta nell'ambito della realizzazione da parte della società Marmaria Solare 3 S.r.l. di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da 72,618 MWp in cc e delle relative opere di connessione alla RTN nel territorio dei Comuni di Mores e Bonorva (SS). Scopo della presente relazione è quello di fornire una descrizione relativa alla progettazione ed al dimensionamento del cavo di Media Tensione (MT) che consentirà la connessione tra la cabina di smistamento del suddetto impianto di produzione e la stazione utente di elevazione AT/MT (SSE).

L'impianto in oggetto è stato progettato coerentemente con le norme tecniche emanate e prescritte dalla legislazione vigente e con le norme UNI e CEI applicabili.

2. DESCRIZIONE GENERALE

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza nominale di picco pari a 72,618 MWp, fornita da 109.200 moduli in silicio monocristallino da 665 Wp, montati su inseguitori mono-assiali; la potenza nominale generata dagli inverter sarà pari a 70,332 MVA 35°C.

Il parco fotovoltaico sarà suddiviso in n. 7 macro aree, ciascuno dei quali sarà formato da una serie di stringhe di moduli fv a loro volta connesse a MV skid, saranno connessi tra di loro ed alla cabina di smistamento dell'impianto fv tramite cavi interrati di media tensione (30 kV).

Tutti i cavi di potenza saranno posati su letto di sabbia vagliata e protetti mediante tubazione in HDPE o elemento separatore non metallico, ossia una lastra di calcestruzzo; il cavo MT di connessione tra cabina di ricezione e SSE utente, oggetto della presente relazione, sarà idoneo alla posa interrata con protezione meccanica aggiuntiva costituita da coppi (in alcuni tratti sarà comunque protetto con tubo HDPE). La fibra ottica garantirà lo scambio di segnali tra SSE Utente e cabina di smistamento al fine di consentire il corretto funzionamento dei sistemi di protezione, comando e controllo; sarà posata in mono-tubo, in affiancamento ai cavi MT. L'impianto fotovoltaico sarà dotato di dispositivi di sicurezza e protezione (lato MT) tali da aprire il circuito in caso di guasti sul generatore.

I giunti sul cavo MT, se necessari, saranno posizionati lungo lo stesso ed ubicati all'interno di opportune buche giunti, all'interno delle quali saranno presenti le schede dei principali materiali occorrenti per la realizzazione dell'opera elettrica. Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

La SSE utente di trasformazione e consegna ospiterà il quadro in aria AT costituito da n. 1 montante trasformatore, che sarà equipaggiato da scaricatori di sovratensione, trasformatori di corrente e di tensione, interruttore e sezionatore.

Nella SSE utente sarà altresì presente un edificio al cui interno vi saranno sia i quadri di media tensione in arrivo dal campo fv sia tutti i dispositivi di protezione e controllo della stazione stessa, nonché lo Scada di

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

parco e di stazione. Quest'ultimo acquisirà i dati del campo fv attraverso la rete in fibra ottica posata parallelamente ai cavidotti dell'impianto di produzione.

3. NORMATIVE E DOCUMENTI

Le analisi sono basate sulle norme tecniche applicabili tra le quali rilevanti sono:

- [1] CEI 20-21/2007: “Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente”;
- [2] CEI 11-17/2006: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- [1] IEC 60287: “Electric cables- calculation of the current rating”;
- [4] Prysmian: “Tabelle tecniche cavi MT”;
- [5] CEI-UNEL 35027: “Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata”.

4. DATI INIZIALI

Per la realizzazione del cavidotto dell'impianto fotovoltaico, che si troverà comunque “racchiuso” all'interno di esso, in quanto la SSE è praticamente all'interno del sito, si assumono le seguenti condizioni di posa:

- Cavi MT: **n. 5 terne** di cavi unipolari riuniti ad elica visibile di tipo **ARE4H1R** di sezione **630 mm²**.
- Estensione della rete: di circa 7,9 km circa.
- Posa: a trifoglio, direttamente interrata nei tratti tra la cabina di SSE e la cabina di ricezione, mentre in ingresso alla SSE ed alla CR si prevede una posa interrata in tubo; in entrambi i casi si prevede la posa in affiancamento ad ulteriori terne di cavi di media tensione.
- Collegamenti a terra degli schermi: è previsto un collegamento in solid bonding degli schermi (schermi collegati a terra ad entrambe le estremità); infatti la norma CEI 11-17 (“*Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo*” - 3° ediz.) prevede al par. 5.3.2 che “*Tutti i rivestimenti metallici dei cavi devono essere messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza è pure raccomandabile la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.*”. Per tale ragione, vi sarà la messa a terra degli schermi in corrispondenza di un eventuale giunto e, presumendo la circolazione di correnti negli schermi, nel dimensionamento del cavo sarà considerato un derating della portata pari al 3%.
- Profondità di posa: = 1000 --> 1200 mm
- Temperatura del terreno: 25°C
- Resistività termica del terreno: 1 °C·m/W;
- Coefficiente di utilizzazione: KU=1 (Per KU si intende il rapporto tra la potenza erogata e la potenza nominale dell'impianto - ipotesi conservativa).

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

Successivamente verrà verificato che il cavo, nelle condizioni di posa più sfavorevoli, è correttamente dimensionato per quanto riguarda:

- la portata del cavo;
- la caduta di tensione a fine linea.

5. CALCOLO DELLA PORTATA IN REGIME PERMANENTE

La portata del cavo in regime permanente deve essere maggiore od uguale alla massima corrente che si prevede possa transitare sul cavo stesso. Il dimensionamento è stato svolto considerando che nel cavo possa transitare la potenza in immissione prevista considerando il caso di funzionamento a 0.9 p.u. di tensione, al minimo cosφ (fattore di potenza); in questo caso si ipotizza un valore di 0,9438 induttivo:

$$P_{MAX} = \sqrt{3} \times V_n \times I_{MAX} \times \cos\phi_{LIM} \Rightarrow I_{MAX} = \frac{P_{MAX}}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos\phi_{LIM}} = \frac{70.000}{\sqrt{3} \times 30.000 \times 0,9438 \times 0,9} \approx 1586A$$

Questo valore è comunque sovrastimato, tenendo conto che il rendimento di impianto sarà certamente inferiore all'unità; il valore di corrente per ciascuna fase sarà pari a **317,2 A** (infatti si hanno n. 5 corde da 630 mm² per fase).

Come da tabella del punto [4], la portata nominale per il cavo di collegamento, nelle condizioni di posa sotto specificate, è pari a:

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics
U max: 36 kV

Formazione Size	Ø indicativo conduttore Approx. conduct. Ø	Ø indicativo isolante Approx. insulation Ø	Ø esterno max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A			
					in aria In air		interrato* buried*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat
1 x 50	8,2	24,60	32,7	880	184,0	222,0	152,0	157,0
1 x 70	9,9	26,30	34,8	1020	230,0	278,0	186,0	192,0
1 x 95	11,4	27,80	36,4	1150	280,0	338,0	221,0	229,0
1 x 120	13,1	29,50	38,4	1300	324,0	391,0	252,0	260,0
1 x 150	14,4	30,80	39,8	1420	368,0	440,0	281,0	288,0
1 x 185	16,2	32,60	41,9	1600	424,0	504,0	317,0	324,0
1 x 240	18,4	34,80	44,5	1860	502,0	593,0	367,0	373,0
1 x 300	20,7	37,05	47,1	2120	577,0	677,0	414,0	419,0
1 x 400	23,6	40,00	50,5	2650	673,0	769,0	470,0	466,0
1 x 500	26,5	42,90	53,8	2980	781,0	890,0	550,0	540,0
1 x 630	30,2	46,60	58,0	3550	909,0	1030,0	710,0	700,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W
* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

Per la verifica della portata vengono considerate le condizioni che portano ad un declassamento della portata secondo la normativa [5], ossia:

- temperatura del terreno a 25°C: si ha un fattore di correzione pari a 0,96 (vd. tabella sottostante, specifiche Prysmian)

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento / Ambient temperature different from the conductor's operating temperature

T. conduttore (%) <i>Conduct. temp. (%)</i>	tipo di cavi <i>cables type</i>	temperature ambiente (°C) <i>ambient temperature (°C)</i>											
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
90	cavi in terra / <i>buried cables</i>	1,07	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76	-	-	-
90	cavi in aria ^(*) / <i>in air cables^(*)</i>	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65
105	cavi in terra / <i>buried cables</i>	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,80	-	-	-
105	cavi in aria ^(*) / <i>in air cables^(*)</i>	1,12	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73

^(*) Non esposti al sole direttamente
Not directly exposed to the sun

Tabella 1 – coefficienti di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

- posa alla profondità di 1,2 mt: secondo [5] si ha un fattore di correzione pari a 0,95 (vd. tab. 20 sottostante);

7.4 Coefficienti di correzione (k_p)

Tabella 20 – Coefficienti di correzione per valori di profondità di posa diversi da 0,8 m (cavi direttamente interrati)

Profondità di posa (m)	Cavi unipolari		Cavi tripolari
	Sezione del conduttore (mm ²)		
	≤185	>185	
1,0	0,98	0,97	0,98
1,25	0,96	0,95	0,96
1,5	0,95	0,93	0,95

Tabella 2 – coefficienti di correzione per valori di profondità di posa diversi da 0,8 mt (CEI-UNEL 35027)

- posa in affiancamento (distanza > 250 mm) alla ulteriore terna di cavi MT: per un numero di terne pari a 6 (valore conservativo) si ha un fattore di correzione pari a 0,69 (vd. tabella sottostante, specifiche Prysmian).

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

**Cavi tripolari (o terne di cavi unipolari a trifoglio) posati in terra /
Three core buried cables (or 3 core systems in trefoil formation)**

distanza tra cavi o terne (in orizzontale)	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
distance between cables or systems (horizontally) (cm)	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,60
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Tabella 3 – coefficienti di correzione per posa affiancata da altri sistemi

- circolazione di correnti negli schermi: 0,97

Pertanto la portata reale del cavidotto esterno risulta essere:

$$I_b = I_n \times 0,97 \times 0,95 \times 0,69 \times 0,97 = 710 \times 0,97 \times 0,95 \times 0,69 \times 0,97 = 437,9 A > I_{MAX} = 317,2 A$$

6. VERIFICA DELLE CADUTE DI TENSIONE

L'utilizzo delle fonti rinnovabili di produzione di energia genera sull'ambiente circostante impatti socio-economici rilevanti, distinguibili in diretti, indiretti e indotti.

Il calcolo della caduta di tensione (indicata con ΔV e riferita alla tensione concatenata del sistema) lungo la tratta in esame può essere effettuato mediante la relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{MAX} \times L \times (r_{90^\circ C} \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)$$

Dove:

- $r_{90^\circ C}$ resistenza chilometrica a 90° del conduttore del cavo [Ω / Km]
- x reattanza chilometrica del cavo [Ω / Km]
- L lunghezza del cavo [Km]
- $\cos \varphi$ fattore di potenza limite

Calcolando i singoli termini:

$$\sin \phi = \sin (\arccos (\cos \phi)) = 0,31$$

$$r_{90^\circ C} = 0,0635 \Omega / Km \text{ (come da specifica Prysmian sotto allegata)}$$

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Reattanza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz Capacity at 50Hz
		a trifoglio trifol	in piano flat	a trifoglio trifol	in piano flat	
		Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,14	0,15	0,143
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,13	0,15	0,160
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,12	0,14	0,175
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,12	0,13	0,192
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,11	0,13	0,205
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,11	0,12	0,222
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,12	0,244
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,10	0,11	0,265
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,10	0,11	0,294
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,097	0,11	0,321
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,094	0,11	0,357

Tabella 4 – resistenza e reattanza chilometrica del conduttore

$x = 0,094 \Omega/Km$ (come da specifica Prysmian sotto allegata)

Dal calcolo risulta:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 317,2 \times 7,953 \times (0,0635 \cdot 0,95 + 0,094 \cdot 0,31) \approx 389,5 V$$

Quindi:

$$\Delta V_{\%} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100 = \frac{389,5}{30000} \times 100 \approx 1,30 \%$$

La caduta di tensione percentuale rientra nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 4%).

7. CALCOLO DELLE PERDITE DI POTENZA ATTIVA

In condizioni di pieno carico della linea, quindi con corrente massima, la perdita di potenza attiva per effetto Joule lungo la linea corrisponde a:

$$P_J = 3 \times r_{90^\circ C} \times L \times (I_{max} \times \cos \phi)^2 = 3 \times 0,0635 \times 7,953 \times (317,2 \times 0,95)^2 \approx 137,575 kW$$

$$P_{J\%} = \frac{P_J}{P_n} \times 100 = \frac{137,575}{70.000} \times 100 \approx 0,20 \%$$

8. VERIFICA DELLA TENUTA AL CORTOCIRCUITO

Per il dimensionamento al corto circuito si è utilizzata la formula della sezione minima, derivata dall'integrale di joule: $K^2 S^2 \geq I^2 t$, dalla quale si ottiene:

$$S \geq \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{K}$$

dove:

- S: sezione in mm²;

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

- Icc: corrente di cc in ampere;
- t: tempo di permanenza del corto circuito in s (tempo di intervento delle protezioni);
- K: costante di corto circuito; tale parametro è riportato nella scheda tecnica del cavo [4] e, per temperature di corto-circuito di 300°C, risulta **K=100**;

Si considera cautelativamente una corrente di corto circuito di linea pari alla massima corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (il trasformatore AT/MT a monte limita in realtà la corrente di c.to c.to a valori più bassi): **Icc = 16 kA**

Mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera: **t = 0,7 s**.

Pertanto si ottiene:

$$S \geq \frac{16000 \times \sqrt{0,7}}{100} \approx 134 \text{ mm}^2$$

La sezione scelta, pari a 630 mm², **risulta rispettare pienamente la condizione sopra riportata.**

9. CONFORMITÀ AL D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003

Per quanto riguarda l'andamento del campo magnetico, va detto che esso è funzione, oltreché delle correnti in transito, della geometria con cui sono disposti i conduttori e dal numero di terne posate.

Le leggi di riferimento possono essere così riepilogate:

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, "DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";

Ricordiamo che, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 µT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine; il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m;

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Mentre il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti, **l'obiettivo di qualità** si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), ha introdotto la metodologia di calcolo delle **fasce di rispetto**, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” ha previsto una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della **Distanza di prima approssimazione (Dpa)**. Detta Dpa, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali;

Le Dpa permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici. Si precisa, inoltre, che sempre secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 già citato (al § 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- **linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree - Figura 1);**

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Il calcolo delle Dpa per linee AT ed MT è stato elaborato da E-Distribuzione S.p.A., a cura della funzione Qualità, Sicurezza ed Ambiente (QSA) in collaborazione con la funzione Ingegneria ed Unificazione (IUN),

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA	Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT
Data: 20/12/2023	Formato: A4 Scala: n.a.

quale supporto tecnico all'applicazione del § 5.1.3 (Procedimento semplificato: calcolo della distanza di prima approssimazione) dell'Allegato al DM 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008) "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Nelle figure che seguono vengono rappresentate rispettivamente:

- una configurazione esemplificativa di linea interrata, simile a quella da realizzare per portare a compimento il collegamento in analisi;
- una rappresentazione della Distanza di Prima Approssimazione, ossia la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.



Figura 1 – configurazione esemplificativa dell'elettrodotto interrato e relativa fascia di rispetto

Pertanto non occorre asservire alcuna fascia di rispetto; si raccomanda, a valle della realizzazione, di eseguire tutte le verifiche e le misure volte a scongiurare eventuali violazioni della normativa, unitamente al possibile generarsi di situazioni di pericolo per la salute e l'integrità di persone, animali e cose. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di dettaglio sulla compatibilità elettromagnetica di tutto l'intervento proposto.

10. COESISTENZA TRA CAVI ELETTRICI ED ALTRE CONDUTTURE

Innanzitutto occorre precisare che in fase di progettazione esecutiva sarà necessario condurre un'accurata verifica sul tracciato del cavo ipotizzato, al fine di verificare l'eventuale presenza di sotto-servizi esistenti e gestire le relative interferenze; tale indagine potrà essere svolta ad es. con l'ausilio di un georadar.

Per quanto riguarda i parallelismi e incroci fra cavi elettrici, i cavi aventi la stessa tensione nominale, possono essere posati alla stessa profondità utilizzando tubazioni distinte, a una distanza di circa 3 volte il loro diametro. I cavi aventi diversa tensione nominale devono essere posati a strati successivi in ordine di tensione decrescente partendo dal fondo della trincea. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA	Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT	Formato: A4
Data: 20/12/2023		Scala: n.a.

Relativamente ai parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione, i cavi di energia devono, di norma, essere posati alla maggiore possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono dislocare possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, è ammesso posare i cavi in vicinanza, purchè sia mantenuta fra i due cavi una distanza minima, in protezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m.

Qualora detta distanza non possa essere rispettata, è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincata a caldo;
- tubazione in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI richiamate al paragrafo;

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m. Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi.

Nel caso che i cavi siano posati nello stesso manufatto, non è prescritta nessuna distanza minima da rispettare, purché sia evitata la possibilità di contatti meccanici diretti e siano dislocati in tubazioni diverse.

Negli incroci con cavi di telecomunicazione, il cavo di energia, di norma, deve essere situato inferiormente a quello di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 metri ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione, senza necessità di effettuare scavi.

Nei parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate, la distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrate, adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi non deve essere inferiore a 0,30 metri.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo fra gli esercenti quando:

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

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni adibite ad altro uso tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra i soggetti interessati, purché il cavo di energia e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. 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.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrate non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino a un minimo di 0,30 metri, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 metri 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 (a esempio, 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 metri di larghezza ad essa periferica.

Le distanze sopraindicate possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo fra i soggetti interessati, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

11. COESISTENZA FRA CAVI DI ENERGIA E GASDOTTI

Le distanze da rispettare nei parallelismi e incroci fra cavi elettrici e gasdotti sono applicabili, ove non in contrasto con il D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8", ai cavi direttamente interrati con le modalità di posa "L" (senza protezione meccanica) e "M" (con protezione meccanica – caso di specie) definite dalle Norme CEI 11-17 (art. 2.3.11 e fig. 1.2.06).

Committente: MARMARIA SOLARE 3 S.R.L. Via TEVERE, 41 – 00198 ROMA		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R 2.1 03	Relazione dimensionamento cavo MT		Formato: A4
Data: 20/12/2023			Scala: n.a.

12. CONCLUSIONI

Per quanto esposto ai capitoli precedenti l'installazione delle 5 terne di cavi unipolari riuniti ad elica visibile ARE4H1R della sezione di 630 mm², nelle condizioni di posa specificate, è correttamente verificata per quanto riguarda:

- portata di corrente in regime permanente;
- caduta di tensione;
- dimensionamento al cortocircuito;
- compatibilità elettromagnetica.

Cassano delle Murge, lì 23/12/2023

Il Progettista

Ing. Francesco Ambron