



UNIONE
EUROPEA



REGIONE
SICILIANA



COMUNE DI
CALTANISSETTA



COMUNE DI
SERRADIFALCO



COMUNE DI
SAN CATALDO



PROPONENTE:



RWE RENEWABLES ITALIA S.r.l.

Via Andrea Doria, 41/G, 00192 Roma
C.F. e P.I.: 06400370968

SVILUPPATORE:



ATHENA ENERGIE S.p.A.

Via Duca, 25 - 93010 Serradifalco (CL)
C.F. e P.I.: 02042980850

COORDINATORE
DI PROGETTO:

Dott. Ing. STEFANO GASPAROTTO

Via Tommaso Grossi, 12 - 20900 Monza (MB)

PROGETTAZIONE:

INGEGNERIA CIVILE, ELETTRICA, AMBIENTALE E COORDINAM.:



MPOWER s.r.l.

Dott. Ing. Edoardo Boscarino

Via N. Machiavelli, 2 - 95030 Sant'Agata Li Battiati (CT)
PEC: mpower@pec.mpowersrl.it

TEAM DI PROGETTO:

Arch. Attilio Massarelli (Progettazione e Staff di Coord.) Ing. Roberto Ruggeri (Aspetti Strutturali)
Ing. Giovanni Battaglia (Progettazione e Staff di Coord.) Ing. Giovanni Chiovetta (Acustica Ambientale)
Ing. Agostino Sciacchitano (Progettazione) Biol. Domenico Catalano (Studio di Impatto Ambient.)
Ing. Cristina Luca (Sicurezza in Cantiere e Coord.) Geol. Stefania Serra (Studio di Impatto Ambientale)
Arch. Giuseppe Messina (Aspetti Paesaggistici) Ing. Gianni Barletta (Impianti Elettrici)
Geol. Marco Gagliano (GIS) Ing. Giuseppe Baiardo (Impianti Elettrici)
Geol. Francesco Buccheri (GIS) Prof. Agr. Salvatore Puleri (Aspetti Agron.e Mitig.Amb.)
Geol. Salvatore Bannò (Aspetti Geologici) Dott. Agr. Giuliano Di Salvo (Mitigazione Ambientale)
Geom. Alfredo Andò - ALPISCAN Srl (Topografia) Dott. Rosario Pignatello - IBLARCHÈ Srls (VPIA)

OPERE DI RETE:

INGEGNERIA OPERE DI RETE:



3E Ingegneria srl

Dott. Ing. Giovanni Saraceno

Via G. Volpe, 92 - Pisa (PI)
email: giovanni.saraceno@3eingegneria.it
PEC: 3eingegneria@legalmail.it

OPERA:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 99,00 MW DI PICCO E 80 MVA DI IMMISSIONE, DENOMINATO "CALTANISSETTA 2", UBICATO NELLA CONTRADA "GROTTA ROSSA" DEL COMUNE DI CALTANISSETTA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NELLA CONTRADA "CUSATINO" DEL MEDESIMO COMUNE

OGGETTO:

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

IL PROPONENTE:

IL PROGETTISTA:



APPROVAZIONE:

00	30-07-2024	PRIMA EMISSIONE PER RICHIESTA AU E PROCEDURA VIA	GB/GB	EB	EB
REV.	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
SCALA: FORMATO:	CODICE DOCUMENTO: 23-29/CL2 PFTE RS06REL0042A0 00 COMMESSA FASE TAVOLA REV.		CODICE ELABORATO: R.23.00		

PROPONENTE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
Via Andrea Doria n. 41/G, CAP 00192 - Roma
C.F. e P.IVA 06400370968

PROGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 99,00 MW_p DI PICCO E 80,00 MVA DI IMMISSIONE, DENOMINATO "CALTANISSETTA 2", UBICATO NELLA CONTRADA "GROTTA ROSSA" DEL COMUNE DI CALTANISSETTA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NELLA CONTRADA "CUSATINO" DEL MEDESIMO COMUNE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO – ECONOMICA

OGGETTO

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

ELENCO REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Redatto da	Revisionato da	Approvato da	Modifiche
0	30-07-2024	Istruttoria VIA/AU	G. Baiardo	G. Barletta	E. Boscarino	Prima emissione

Questo documento è di proprietà di RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. È severamente vietato riprodurre questo documento, in tutto o in parte, e fornire a terzi qualsiasi informazione relativa senza il previo consenso scritto di RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. OGGETTO DELLA RELAZIONE.....	5
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
3.1. RETE INTERNA IN BASSA TENSIONE	7
3.2. RETE INTERNA IN MEDIA TENSIONE.....	10
3.3. RETE IN MEDIA TENSIONE DI CONNESSIONE	15
4. DEFINIZIONI E NORMATIVA.....	17
4.1. DEFINIZIONI	17
4.2. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVA.....	18
5. CAMPI ELETTROMAGNETICI: GENERALITÀ E METODOLOGIA DI CALCOLO.....	21
5.1. GENERALITÀ.....	21
5.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE D.P.A.	22
5.2.1 Metodologia di calcolo per linee elettriche interrate	22
5.2.2 Metodologia di calcolo per cabine di sottocampo.....	23
6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	25
7. CABINE DI SOTTOCAMPO	26
8. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI.....	27
8.1. RETE INTERNA IN BASSA TENSIONE	27
8.2. RETE INTERNA IN MEDIA TENSIONE.....	28
8.3. RETE IN MEDIA TENSIONE DI CONNESSIONE	29
9. CONCLUSIONE.....	31

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica di Producibilità Elettrica del progetto, proposto dalla società RWE Renewables Italia Srl, che prevede la nuova realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato “CALTANISSETTA 2”, di potenza complessiva pari a 99,00 MWp e delle relative opere per la connessione alla RTN, installato su terreno agricolo sito nel Comune di Caltanissetta (CL), Contrada Grottarossa, su un’area complessiva di circa 242 ha, superficie totale netta (proiezione al suolo dei moduli fotovoltaici) pari a circa 43 ha ed una superficie totale, (proiezione al suolo di tutte le strutture costituenti l’impianto), pari a soli 43,1 ha.

All’interno dell’area di impianto saranno installati 159.684 moduli fotovoltaici bifacciali di ultima generazione da 620 Wp su strutture, per la maggior parte, ad inseguimento monoassiale, 229 inverter da 350 kVA e 36 cabine elettriche di trasformazione e distribuzione MT/BT. Tutto rimovibile a fine vita impianto con un tasso molto elevato di riciclo della componentistica e dei materiali impiegati. Si tratta quindi di un impianto a bassissimo impatto ambientale sul luogo di installazione, che vede la maggiore, seppur contenuta, interferenza con l’ambiente circostante durante il circoscritto periodo di cantiere.

L’energia elettrica prodotta sarà immessa nella rete di trasmissione nazionale per mezzo di un elettrodotto di collegamento a 36 kV di lunghezza pari a circa 5,8 km, tra l’impianto agrivoltaico e la sezione a 36 kV della nuova SE di Terna 150/36 kV da inserire in entrata - esce sulla linea RTN a 150 kV “Canicatti – Caltanissetta”, conformemente al preventivo di connessione elaborato da Terna (Codice Pratica: 201901114).

Tali infrastrutture di rete per la connessione, per le quali Terna ha approvato la pre-fattibilità, sono da realizzarsi nella Contrada Cusatino del Comune di Caltanissetta (CL).

Il soggetto proponente dell’iniziativa è la Società RWE Renewables Italia Srl avente sede legale ed operativa a Roma (RM) Via Andrea Doria n. 41/G – CAP 00192, C.F. e P.IVA 06400370968.

Il progetto in esame è configurabile come intervento rientrante tra le categorie elencate nell’Allegato II alla parte seconda del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., ed è pertanto soggetto alla Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) in sede statale in quanto:

“impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW.” (fattispecie aggiunta dall’art. 31, comma 6, della legge n. 108 del 2021).

Ai sensi del comma 2-bis dell’art. 7-bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. il presente progetto rientra tra “Le opere, gli impianti e le infrastrutture necessari alla realizzazione dei progetti strategici per la transizione energetica del Paese inclusi nel Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC), predisposto in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, come individuati nell’Allegato I-bis, e le opere ad essi connesse costituiscono interventi di pubblica utilità, indifferibili e urgenti.”

Come le opere della stessa tipologia, definite dal Parlamento “strategiche” per il Paese, questo progetto “agrivoltaico” ha contenuti e ricadute economico-sociali di grande rilievo, mentre i potenziali impatti negativi sono stati opportunamente mitigati con gli interventi mirati che vengono descritti nella documentazione di progetto.

Tale progetto “agrivoltaico” consente all’impianto installato di produrre energia elettrica da fonti rinnovabili a zero emissioni nel luogo di produzione, attraverso un sistema strettamente integrato con l’attività agricola, creando sinergie tra progetti di pari rilevanza e dignità, come illustrato negli elaborati allegati.

2. OGGETTO DELLA RELAZIONE

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da conversione fotovoltaica dell'energia solare.

Sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nello Specifico gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- ✓ Impianto Fotovoltaico
- ✓ Elettrodotti di Bassa Tensione (BT);
- ✓ Cabine di Sottocampo BT/MT;
- ✓ Elettrodotti di Media Tensione (MT);

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto.

Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.p.a.).

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto "**Caltanissetta 2**" prevede la realizzazione di un impianto **agrivoltaico** con potenza complessiva pari a 99,00 MWp e delle relative opere per la connessione alla RTN.

L'architettura di sistema utilizzata prevede la suddivisione del campo agrivoltaico in quattro lotti (A, C, F e G), suddivise, a loro volta, in 17 aree, di cui 15 sono effettivamente occupate dall'impianto.

All'interno delle aree di impianto saranno installati moduli fotovoltaici bifacciali di ultima generazione da 620 Wp, per un totale di 159.684 moduli, su diverse tipologie di strutture:

- Strutture ad inseguimento monoassiale con asse preferibilmente Nord-Sud, conseguentemente con pannelli orientati Est-Ovest ed inclinazione di $+55^{\circ}/-55^{\circ}$. Le strutture presenteranno una distanza di interasse (Pitch) prevalente di 10,5 metri, ad eccezione dell'area di impianto 9 all'interno del lotto A.
- Strutture fisse a canopy e posa dei moduli con tilt di 20° ed azimuth pari a 17° . Questa tipologia di struttura, con distanza di interasse di 4,5 metri, sarà utilizzata nella zona dell'area 12, del lotto, A dove attualmente sono presenti vigneti da uva da tavola.

Il design di impianto prevede l'installazione di inverter di stringa, per la conversione dell'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata, di taglia pari 350 kVA, per un totale di 229 inverter. Ad ogni inverter saranno collegati prevalentemente un numero di stringhe pari a 25 ed in alcuni casi, pari a 24.

È prevista inoltre l'installazione di cabine di sottocampo, all'interno del quale sarà installato:

- Un quadro di bassa tensione (Power Center), per raccogliere l'energia elettrica ad 800 V proveniente dai relativi inverter;
- Un trasformatore di potenza MT/BT, di taglia che varia da 1400 kVA a 3150 kVA, utilizzato per aumentare il livello di tensione da 0,8 V a 36 kV.
- Un quadro di media tensione, contenente tre celle MT, di cui una sarà utilizzata per il collegamento del trasformatore, e le altre due per il collegamento in entra-esci con le altre cabine di sottocampo.

In totale, è prevista l'installazione di 37 cabine di sottocampo ed 1 cabina di raccolta.

Quest'ultima servirà per raccogliere i cinque circuiti in entra-esci provenienti dalle cabine di sottocampo e per la partenza delle terne da utilizzare per la connessione alla stazione elettrica.

Di seguito si riportano un riepilogo dei dati di impianto per lotto e la suddivisione dei moduli e degli inverter nelle rispettive cabine di sottocampo.

RIEPILOGO DATI LOTTI IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CALTANISSETTA 2"												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O
NUMERAZIONE AREE	SOTTO CAMPO	CABINA DI SOTTOCAMPO	Potenza trafo [kVA]	Numero moduli da 620 W (tipo Jinko Solar mod. Tiger Neo N-type 66HL4M-BDV 600-620 Watt BIFACIAL)	Potenza DC [kWp]	Numero di inverter da 24 stringhe	Numero di inverter da 25 stringhe	Numero totale di inverter da 350 kVA	Numero di inverter per area	Potenza AC totale per area [kVA]	Numero di inverter per cabina	Potenza AC per cabina [kVA]
2	C	CS.2.1	2500	4.200	2.604,00	0	6	6	6	2100	6	2100
4		-	N.B. Inverter collegati alla cabina CS.3.1	1.400	868,00	0	2	2	2	700	-	-
3	A	CS.3.1	2500	2.688	1.666,56	4	0	4	4	1400	6	2100
6		CS.6.1	2000	6.860	4.253,20	5	0	5	10	3500	5	1750
		CS.6.2	2000			0	5	5			5	1750
7		CS.7.1	2500	22.764	14.113,68	0	6	6	33	11550	6	2100
		CS.7.2	2500			0	6	6			6	2100
		CS.7.3	2500			6	1	7			7	2450
		CS.7.4	2500			6	1	7			7	2450
		CS.7.5	2500			0	7	7			7	2450
8		CS.8.1	2500	25.872	16.040,64	1	5	6	37	12950	6	2100
		CS.8.2	2500			0	6	6			6	2100
		CS.8.3	2500			0	6	6			6	2100
		CS.8.4	2500			0	6	6			6	2100
		CS.8.5	2500			0	6	6			6	2100
		CS.8.6	2500			0	7	7			7	2450
9		CS.9.1	2500	34.300	21.266,00	0	7	7	49	17150	7	2450
		CS.9.2	2500			0	7	7			7	2450
		CS.9.3	2500			0	6	6			6	2100
		CS.9.4	2500			0	6	6			6	2100
		CS.9.5	3150			0	8	8			8	2800
		CS.9.6	3150			0	8	8			8	2800
	CS.9.7	2500	0			7	7	7			2450	
12*	CS.12.1	2500	12.600	7.812,00	0	6	6	18	6300	6	2100	
	CS.12.2	2500			0	6	6			6	2100	
	CS.12.3	2500			0	6	6			6	2100	
13	C.13.1	3150	14.000	8.680,00	0	8	8	20	7000	8	2800	
	C.13.2	2500			0	6	6			6	2100	
	C.13.3	2500			0	6	6			6	2100	
15	C.15.1	2000	2.800	1.736,00	0	4	4	4	1400	4	1400	
16	C16.1	2500	11.900	7.378,00	0	7	7	17	5950	7	2450	
	C16.2	2500			0	7	7			7	2450	
	C16.3	2500			0	3	3			3	2100	
18	-	-	N.B. Inverter collegati alla cabina CS.16.3	2100	1.302,00	0	3	3	3	1050	-	-
10	F	CS.10.1	2500	4.200	2.604,00	0	6	6	6	2100	6	2100
11		CS.11.1	2500	4.200	2.604,00	0	6	6	6	2100	6	2100
17	-	CS.17.1	2500	2.800	1.736,00	0	4	4	4	1400	7	2450
19	G	CS.19.1	N.B. Inverter collegati alla cabina CS.17.1	2.100	1.302,00	0	3	3	3	1050	-	-
20	-	CS.20.1	2500	4.900	3.038,00	0	7	7	7	2450	7	2450
*Sottocampo con strutture tracker e strutture fisse												
TOTALE				159.684,00	99.004,08	22,00	207,00	229,00	229,00	80.150,00	229,00	80.150,00

Tabella 3-1: Riepilogo dati di impianto per lotti.

3.1. Rete interna in bassa tensione

La rete in bassa tensione interna all'impianto prevede il collegamento degli inverter alle rispettive cabine di sottocampo ed è realizzata tramite cavo ARE4R 0,6/1 kV in formazione 3x(1x500).

L'ARE4R è un cavo unipolare di bassa tensione con conduttore in alluminio a corda compatta di classe 2, isolato in XLPE e guaina in PVC.

Di seguito di riportano le schede tecniche per la tipologia di cavo considerato.

CAVI BASSA TENSIONE - ENERGIA
LOW VOLTAGE - POWER

ARE4R - ARE4OR 0,6/1 kV

BASSA TENSIONE UNIPOLARI E MULTIPOLARI - ENERGIA
LOW VOLTAGE SINGLE CORE AND MULTICORE CABLES - ENERGY



NON PROPAGANTE
LA FIAMMA
FLAME RETARDANT



NON PROPAGANTE
L'INCENDIO
FIRE RETARDANT

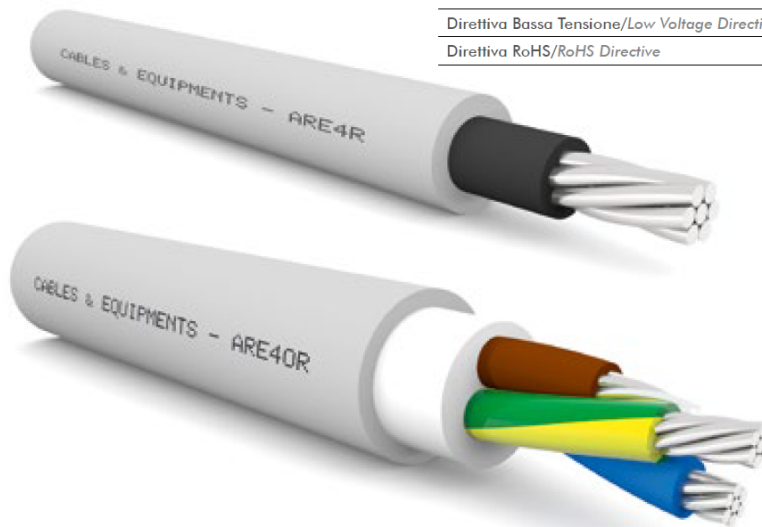


BASSA EMISSIONE
FUMI, GAS TOSSICI E
CORROSIVI
LOW EMISSION OF
SMOKE, TOXIC AND
CORROSIVE GASES



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications	CEI 20-13
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI EN 60332-1-2 (CEI 20-35/1-2)
Propagazione incendio/Fire propagation	CEI EN 20-22 II
Emissione gas/Gas emission	CEI EN 50267-2-1 (CEI 20-37/2-1)
Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive	2006/95/CE
Direttiva RoHS/RoHS Directive	2011/65/CE



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 0,6/1 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 0,6/1 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Minimum installation temperature: -0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C
- Maximum tensile stress: 50 N/mm²
- Minimum bending radius: 4 x maximum external diameter

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi non propaganti l'incendio; ridotta emissione di gas tossici e corrosivi; buon comportamento alle basse temperature.

SPECIAL FEATURES

Fire retardant; Low emission of smoke, toxic and corrosive gases; good behavior at low temperatures.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Per trasporto energia nell'edilizia industriale e/o residenziale e negli impianti fotovoltaici. Adatto per posa fissa all'interno in locali anche bagnati o all'esterno; posa fissa su murature e strutture metalliche, su passerelle, in tubazioni, canalette o sistemi similari. Ammessa anche la posa interrata diretta o indiretta.






USE AND INSTALLATION

Power cable for industrial and/or residential uses and photovoltaic systems. Suitable to fixed installation indoor or outdoor even in wet environments; it can be fixed on walls and/or metal structures, on cable trays, in pipe, conduits or similar systems. Can be directly or indirectly buried.

Cables & Equipments

ARE4R - ARE4OR 0,6/1 kV

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Alluminio, corda rigida compatta, classe 2	CONDUCTOR Material: Aluminium stranded wire class 2
	ISOLAMENTO Materiale: Polietilene reticolato E4 ad elevate prestazioni elettriche, meccaniche e termiche CEI EN 50636-0 (CEI 20-11/0). Colore: HD 308 (CEI-UNEL 00722)	INSULATION Material: Cross-linked polyethylene compound, high performance electrical, mechanical and thermal stresses Colour: HD 308 (CEI-UNEL 00722)
	CORDATURA TOTALE Tipo: i conduttori isolati sono cordati insieme	TOTAL STRANDING Type: The cores are stranded together in concentric lay
	GUAINA RIEMPITIVA Materiale: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari) Colore: naturale	BINDER Material: thermoplastic, penetrating between the cores (multicore cables only) Colour: Natural
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC, qualità Rz Colore: grigio	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

Unipolari/Single core

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Resist. elettrica max a 20° C	Portata di corrente				Raggio minimo di curvatura
							Current rating				
Size	Approx. conduct. Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	outer Ø	Approx. cable weight	Max electrical resist. at 20° C	A				Minimum bending radius
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	in aria a in air at 30° C	in tubo in aria a in pipe in air at 30°C	interrato a Underground at 20° C	in tubo interrato a In underground pipe at 20°C	mm
1 x 16	4,75	0,7	1,4	9,0	110	1,91	78				
1 x 25	6,0	0,9	1,4	10,5	160	1,20	106				
1 x 35	7,0	0,9	1,4	12,5	200	0,868	132	112	149	103	50
1 x 50	8,2	1,0	1,4	14,0	245	0,641	161	137	176	129	55
1 x 70	9,8	1,1	1,4	16,0	330	0,443	209	173	216	159	65
1 x 95	11,5	1,1	1,5	17,7	420	0,320	256	210	258	189	70
1 x 120	13,1	1,2	1,5	19,6	510	0,253	299	243	294	214	80
1 x 150	14,3	1,4	1,6	21,6	620	0,206	346	277	328	253	90
1 x 185	16,1	1,6	1,6	23,9	750	0,164	398	325	371	284	95
1 x 240	18,5	1,7	1,7	26,9	970	0,125	473	382	429	333	110
1 x 300	20,7	1,8	1,8	29,6	1.170	0,100	548	-	484	378	120
1 x 400	23,5	2,0	1,9	33,2	1.470	0,0778	642	-	546	440	135
1 x 500	26,5	2,2	2,0	37,1	1.860	0,0605	738	-	616	498	150

N.B. I valori di portata di corrente sono riferiti a: n°3 conduttori attivi
 - Profondità di posa 0,8 m per i cavi interrati
 - Resistività termica del terreno pari a 1,0° cm/W
 N.B. Current rating values are referred to: n° 3 loaded conductors
 - Installation depth for underground cables 0,8 m
 - The thermal resistivity of the ground 1,0° cm/W



Figura 3-1: Scheda tecnica cavi di bassa tensione

I cavi saranno posati, a trifoglio entro tubo corrugato, ad una profondità di posa di circa 1,1 metri dal piano di campagna.

Nel caso in cui vi sia una compresenza di terne all'interno della stessa sezione di scavo, i rispettivi tubi corrugati saranno posati a contatto tra di loro. Nella figura seguente viene rappresentata una sezione tipica di posa cavidotti di bassa tensione, estratta dal grafico "RS06EPD0066A0_Tav.023a_SEZIONI TIPICHE DI POSA CAVIDOTTI DI BASSA TENSIONE", nella quale viene mostrata la posa di 9 terne di cavi all'interno dello stesso scavo.

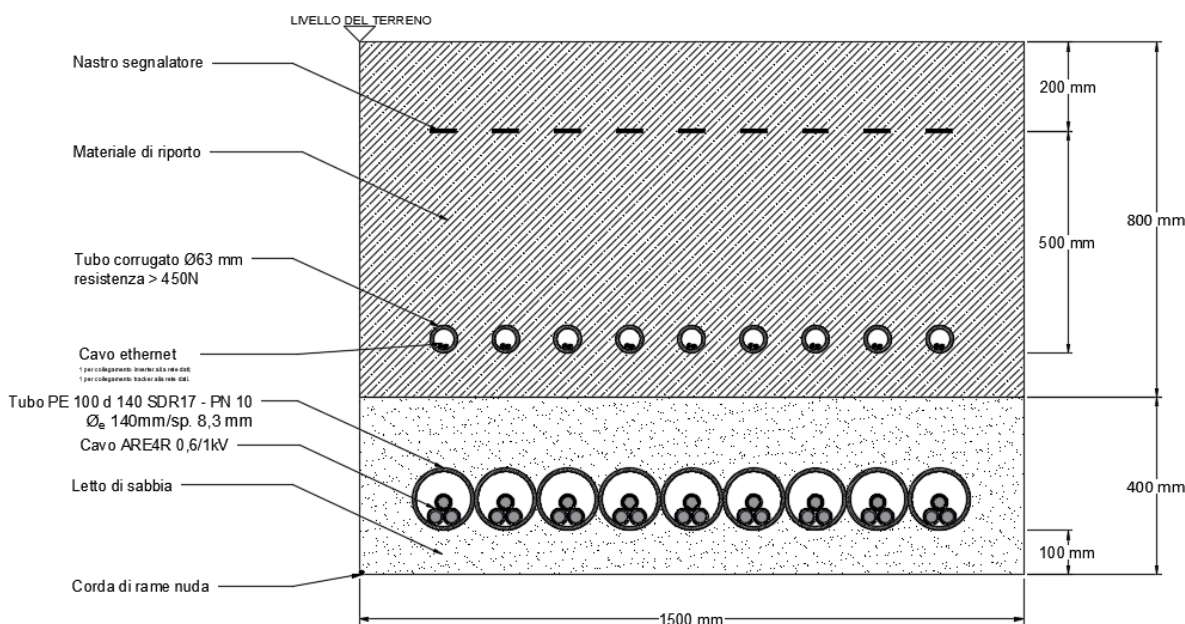


Figura 3-2: Sezione di posa su terreno agricolo 9 terne di cavi di bassa tensione.

Il percorso delle linee BT si svolge interamente all'interno dell'area di impianto.

3.2. Rete interna in media tensione

La rete in media tensione interna all'impianto prevede cinque circuiti in entra-esce, che collegano le rispettive cabine di sottocampo alla cabina di raccolta, ed è realizzata tramite cavo ARE4H5E 26/45 kV.

L'ARE4H5E è un cavo unipolare di media tensione con conduttore in alluminio rigido di classe 2, con un primo strato di semiconduttore estruso, isolato in XLPE, un secondo strato di semiconduttore estruso, schermo con nastro di alluminio avvolto a cilindri longitudinali e guaina in polietilene.

Di seguito di riportano le schede tecniche per la tipologia di cavo considerato.

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARE4H5E COMPACT

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



Norma di riferimento
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)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marcatura

PRYSMIAN (**) ARE4H5E <tensione>
<sezione> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro

Marcatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard

HD 620/IEC 60502-2

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)

Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

Marking

PRYSMIAN (**) ARE4H5E <rated voltage>
<cross-section> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter

Ink-jet meter marking

Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Suitable accessories

Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



100 Prysmian Group

CATALOGO CAVI E ACCESSORI / CABLES & ACCESSORIES CATALOGUE

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / *MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION*

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 trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(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	225
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	425
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	225
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

Figura 3-3: Scheda tecnica cavi di media tensione.

I cavi saranno posati, a trifoglio entro tubo corrugato, ad una profondità di posa di circa 1,1 metri dal piano di campagna.

Nel caso in cui vi sia una compresenza di terne all'interno della stessa sezione di scavo, i rispettivi tubi corrugati saranno posati a contatto tra di loro. Nella figura seguente viene rappresentata una sezione tipica di posa cavidotti di bassa tensione, estratta dal grafico "RS06EPD0066A0_Tav.023a_SEZIONI TIPICHE DI POSA CAVIDOTTI DI BASSA TENSIONE", nella quale viene mostrata la posa di 5 terne di cavi all'interno dello stesso scavo, ovvero quelle che arrivano in cabina di raccolta dai diversi circuiti.

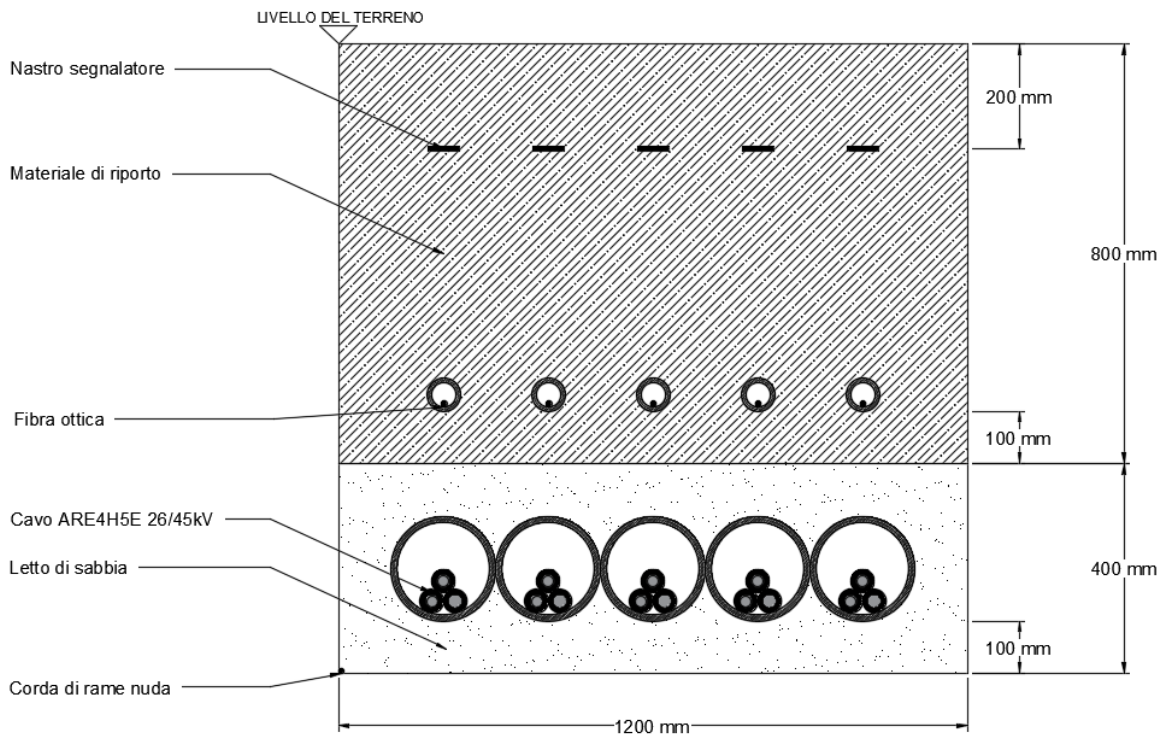


Figura 3-4: Sezione di posa su terreno agricolo 5 terne di cavi di media tensione

Il percorso delle linee MT si svolge principalmente all'interno dell'area di impianto, ove possibile, e su strade comunali/provinciali.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della rete in media tensione interna all'impianto.

CIRCUITO	DA	A	LUNGHEZZA	POTENZA	TIPOLOGIA CAVO	FORMAZIONE CAVI
RADIALE			[m]	[kVA]		
CIRCUITO 1	CS 2.1	CS 9.1	920	2100	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 9.1	CS 10.1	1400	4550	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 10.1	CS 11.1	570	6650	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 11.1	CS 9.5	440	8750	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 9.5	CS 9.6	720	11550	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 9.6	CS 9.7	470	14350	ARE4H5E	3x(1x150mm ²)
	CS.9.7	CABINA DI RACCOLTA	950	16800	ARE4H5E	3x(1x300mm ²)
CIRCUITO 2	CS 12.1	CS 12.2	115	2.100	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 12.2	CS 12.3	170	4200	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 12.3	CS 15.1	590	6300	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 15.1	CS 16.2	60	7700	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 16.2	CS 16.1	360	10150	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 16.1	CS 16.3	330	12600	ARE4H5E	3x(1x120mm ²)
	CS 16.3	CS 3.1	2320	14700	ARE4H5E	3x(1x150mm ²)
	CS 3.1	CABINA DI RACCOLTA	100	16800	ARE4H5E	3x(1x185mm ²)
CIRCUITO 3	CS 9.2	CS 9.3	120	2450	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 9.3	CS 9.4	380	4550	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 9.4	CS 8.6	500	6650	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 8.6	CS 8.3	620	9100	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 8.3	CS 8.2	125	11200	ARE4H5E	3x(1x120mm ²)
	CS 8.2	CS 8.1	110	13300	ARE4H5E	3x(1x150mm ²)
	CS 8.1	CABINA DI RACCOLTA	520	15400	ARE4H5E	3x(1x240mm ²)
CIRCUITO 4	CS 20.1	CS 17.1	630	2450	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 17.1	CS 13.2	280	4900	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 13.2	CS 13.3	230	7000	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 13.3	CS 13.1	500	9800	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 13.1	CS 8.4	350	11900	ARE4H5E	3x(1x120mm ²)
	CS 8.4	CS 8.5	40	14000	ARE4H5E	3x(1x185mm ²)
	CS 8.5	CABINA DI RACCOLTA	850	16100	ARE4H5E	3x(1x240mm ²)
CIRCUITO 5	CS 6.2	CS 6.1	250	1750	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 6.1	CS 7.1	320	3500	ARE4H5E	3x(1x50mm ²)
	CS 7.1	CS 7.2	100	5600	ARE4H5E	3x(1x70mm ²)
	CS 7.2	CS 7.3	280	7700	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 7.3	CS 7.4	210	10150	ARE4H5E	3x(1x95mm ²)
	CS 7.4	CS 7.5	340	12600	ARE4H5E	3x(1x185mm ²)
	CS 7.5	CABINA DI RACCOLTA	1090	15050	ARE4H5E	3x(1x240mm ²)

Tabella 3-2: Riepilogo rete in media tensione interna all'impianto.

3.3. Rete in media tensione di connessione

La rete in media tensione per la connessione dell'impianto alla Stazione Elettrica "Racalmuto 3", è realizzata tramite un cavidotto, della lunghezza di 5,8 km circa, composto da 4 terne di cavi ARE4H5E 26/45 kV con sezione pari a 500 mm².

I cavi saranno posati a trifoglio e direttamente interrati ad una profondità di posa di circa 1,1 metri dal piano di campagna e dotati di protezione meccanica. Le terne saranno distanziate rispettivamente tra di loro di 0,2 metri. Nella figura seguente viene rappresentata una sezione tipica di posa cavidotti di bassa tensione, estratta dal grafico "RS06EPD0066A0_Tav.023a_SEZIONI TIPICHE DI POSA CAVIDOTTI DI BASSA TENSIONE", nella quale viene mostrata la posa di 4 terne di cavi all'interno dello stesso scavo.

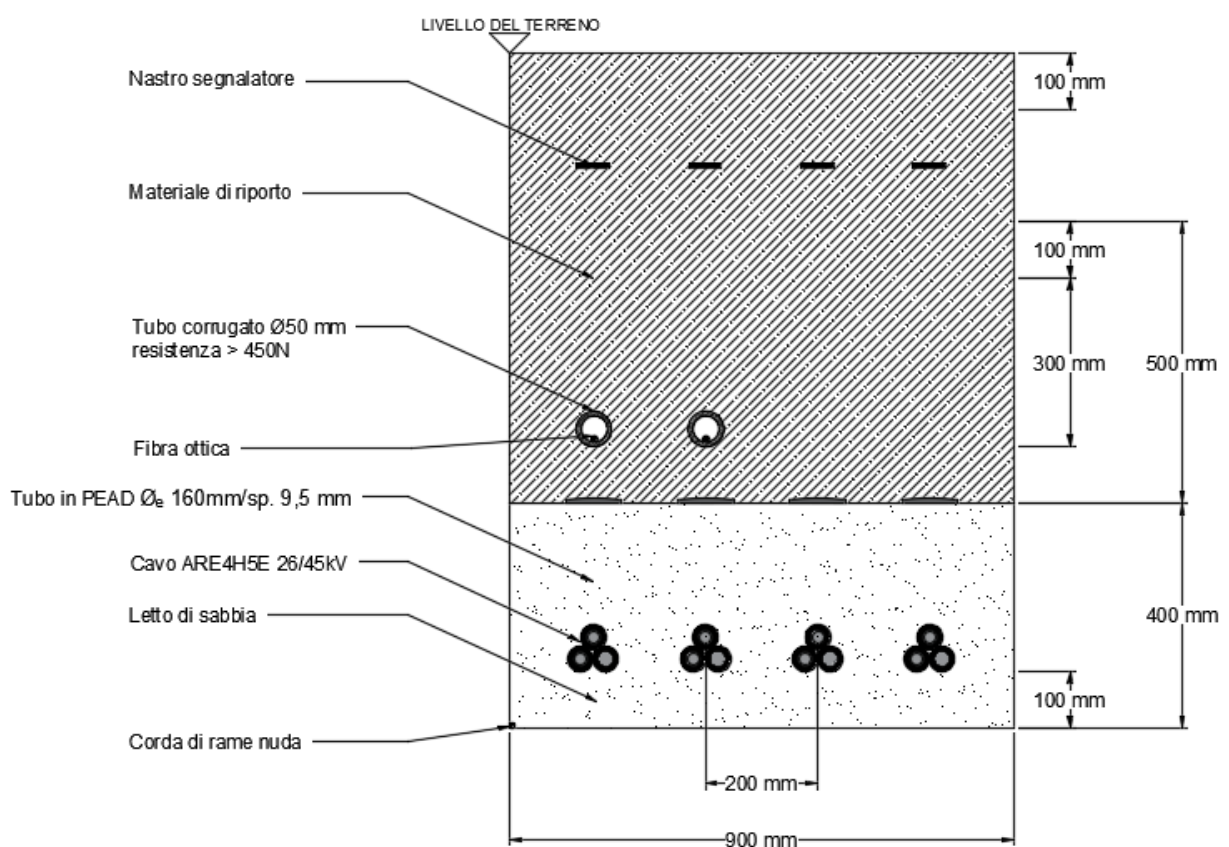


Figura 3-5: Sezione di posa su terreno agricolo 4 terne di cavi di media tensione.

Il percorso delle linee MT di connessione prevede l'attraversamento della strada statale SS640 tramite scavo a trivellazione controllata, che parte dall'area d'impianto stessa, per una lunghezza di 800 metri circa, un primo tratto su terreno agricolo e successivamente si estende su strada comunale/interpodereale per una lunghezza di 5 km, fino ad arrivare alla SE. Nella figura seguente viene rappresentato il tracciato del cavidotto di connessione dell'impianto alla SE, estratta dai grafici "RS06EPD0008A0_Tav.005a_INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU ORTOFOTO" e "RS06EPD0009A0_Tav.005b_INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU ORTOFOTO".

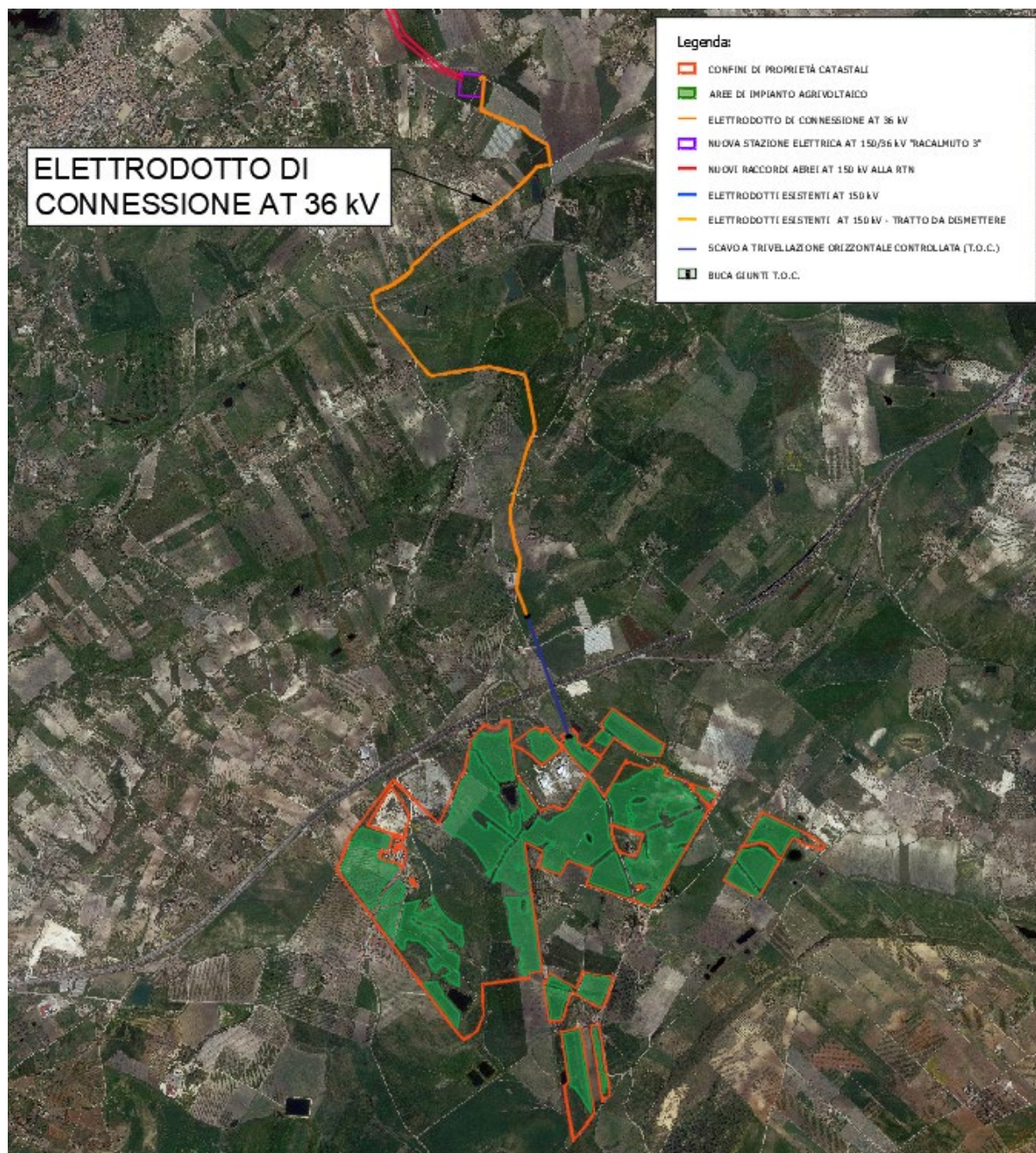


Figura 3-6: Tracciato cavidotto di connessione dall'impianto alla SE.

4. DEFINIZIONI E NORMATIVA

4.1. Definizioni

Nel presente documento vengono adottate le seguenti definizioni, anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto":

Campo elettrico (E) Il campo elettrico creato in vicinanza di un conduttore in tensione è un vettore la cui intensità è indicata con E. Questa quantità è la forza esercitata da un campo elettrico su una carica unitaria ed è misurata in volt per metro (V/m). Nel caso di campi variabili in modo sinusoidale, il vettore E o oscilla lungo un asse fisso (sorgente mono-fase) oppure ruota in un piano e descrive un'ellisse (sorgenti poli-fasi o sorgenti multiple sincrone). Poiché il campo elettrico in prossimità di oggetti conduttori (incluse le persone) è generalmente perturbato da tali oggetti, il valore del "campo elettrico imperturbato" (cioè il campo che esisterebbe in assenza di oggetti mobili e di persone) sarà usato per caratterizzare le condizioni di esposizione.

Campo magnetico (Induzione magnetica B, intensità del campo magnetico H) Il campo magnetico è una quantità vettoriale. Come nel caso dei campi elettrici, questo vettore o oscilla lungo un asse fisso (sorgente mono-fase) oppure ruota su un piano e descrive un'ellisse (sorgenti poli-fasi o sorgenti multiple sincrone). L'intensità del campo magnetico, H, è espressa in ampere per metro (A/m). Tuttavia, la densità di flusso magnetico, B, comunemente chiamata induzione magnetica, è spesso usata per caratterizzare i campi magnetici, in particolare nel contesto degli effetti biologici. L'induzione magnetica è definita in termini di forza esercitata su una carica che si muove nel campo e ha come unità il Tesla (T). Un Tesla è equivalente a 1 Vs/m² o 1 weber per metro quadrato (Wb/m²). Esiste una differenza importante fra i campi B e H, in particolare nei materiali magnetici. Tuttavia, nel vuoto, e ai fini pratici nell'aria e nel tessuto biologico, il rapporto B/H è una costante. Questo rapporto è la permeabilità magnetica del vuoto, $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$ Vs/Am o Henry per metro (H/m). Quindi nel vuoto, nell'aria o nel tessuto biologico, un'induzione magnetica di 1 mT corrisponde a un'intensità del campo magnetico di $104/4\pi$ A/m, o quasi 800 A/m.

Densità di corrente (J) La densità di corrente è una quantità vettoriale la cui intensità è uguale alla carica che attraversa nell'unità di tempo una superficie unitaria perpendicolare al flusso di carica. La densità di corrente è espressa in ampere per metro quadrato (A/m²).

Corrente (I) Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica (A).

Portata in corrente in servizio normale Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 e sue successive modifiche e integrazioni.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- Per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- Per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- Per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 come portata in regime permanente.

Portata in regime permanente Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Distanza di prima approssimazione (D.p.a.): per le linee è 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 D.p.a., si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).

Limiti di esposizione (D.P.C.M. 8 luglio 2003) Valori di campo elettrico e magnetico che non devono essere mai superati. Ai sensi del D.P.C.M. 8 luglio 2003 i valori sono così definiti:

Frequenza 50Hz: 5kV/m per il campo elettrico e 100µT per l'induzione magnetica;

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 µT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 µT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4.2. Disposizioni legislative e normativa

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare, ci si riferisce alla legge **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

La legge fissa i principi fondamentali diretti alla tutela della salute della popolazione dai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici in uno spettro di frequenze che va da 0a 300 GHz.

La legge definisce le competenze in materia di campi elettromagnetici individuando due soggetti istituzionali responsabili che sono lo Stato e le Regioni, introduce un catasto nazionale nel quale confluiscono le informazioni dei catasti regionali sulle sorgenti di campi elettromagnetici e istituisce un Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La legge, riprendendo in parte quanto già presente in Decreti precedenti, definisce tre oggetti che sono:

- Il **limite di esposizione** da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. Questo valore nasce con l'obiettivo di prevenire i cosiddetti effetti acuti dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici e cioè gli effetti a breve termine che scompaiono al cessare dell'esposizione.
- Il **valore di attenzione** che è da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Particolare attenzione va prestata per i siti scolastici, i luoghi dell'infanzia e le case di cura. L'obiettivo di tale valore è preservare la popolazione dagli effetti differiti che sono ipotizzati solo per il campo magnetico.
- **L'obiettivo di qualità** da intendersi come valore di campo, inferiore al valore di attenzione, rappresentativo di una tendenza che punta all'ulteriore mitigazione dell'esposizione al campo medesimo (l'obiettivo di fondo è fornire un riferimento per i criteri localizzativi e gli standard urbanistici); questo obiettivo si applica ai nuovi elettrodotti oppure alle nuove costruzioni in prossimità di elettrodotti esistenti.

Tale legge viene completata a regime con l'emanazione del **D.P.C.M. 8.7.2003**, dove vengono fissati i seguenti limiti:

Limiti di esposizione Valori di campo elettrico e magnetico che non devono essere mai superati. Ovvero, 5kV/m per il campo elettrico e 100µT per l'induzione magnetica, generati alla frequenza di rete (50Hz).

Valore di attenzione: a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 µT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 µT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tale D.P.C.M. prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con **Decreto 29 maggio 2008** (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 –Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

DM 29 maggio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.

Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.

Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV".

Norma CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287).

Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte I: linee elettriche aeree e in cavo”.

Norma CEI 106-11/2 Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 2: Distanza di prima approssimazione per cabine media-bassa tensione.

Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

Linea Guida ENEL per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (D.p.a.) da linee e cabine elettriche.

5. CAMPI ELETTROMAGNETICI: GENERALITÀ E METODOLOGIA DI CALCOLO

5.1. Generalità

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza come mostrato dai grafici seguenti.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il **campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 36 kV.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali. In aria, l'andamento di tale campo in funzione della distanza dal cavo è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, ossia esso diminuisce fortemente la sua intensità con l'allontanarsi dalla sorgente.

La presenza di rivestimenti di isolamento e schermature metalliche ne limitano ulteriormente l'intensità.

Il **campo elettrico** è prodotto da un sistema polifase risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni, ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Il **campo magnetico B** è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia.

I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- onde ionizzanti (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;
- onde non ionizzanti (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz). Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica che è trasmessa a frequenza di 50 Hz.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

1. intensità delle correnti di linea;
2. distanza dai conduttori;
3. isolanti, schermature e profondità di interramento del cavo;
4. disposizione e distanza tra conduttori.

Dunque, il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta/produzione di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico/produzione delle linee stesse.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile.

L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla legge di Biot-Savart: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente.

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Il quarto fattore, entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo.

Poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche.

Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza.

Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea, ma interrate consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da "schermatura naturale", abbassando l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Normative indicate.

5.2. Metodologia di calcolo delle D.p.a.

5.2.1 Metodologia di calcolo per linee elettriche interrate

La guida CEI 106-11 descrive i metodi semplificati per la determinazione dell'induzione magnetica in casi di linee elettriche interrate o aeree e con geometrie semplificate, tramite formule analitiche approssimate. Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai

conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a 3 μT, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un' approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori. Con questa approssimazione le curve isolivello dell'induzione magnetica sono le circonferenze aventi per centro il centro geometrico dei conduttori.

Nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio, il cui schema di posa è rappresentato in Figura 5-1, si può ricorrere alle seguenti relazioni:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2} [\mu T]$$

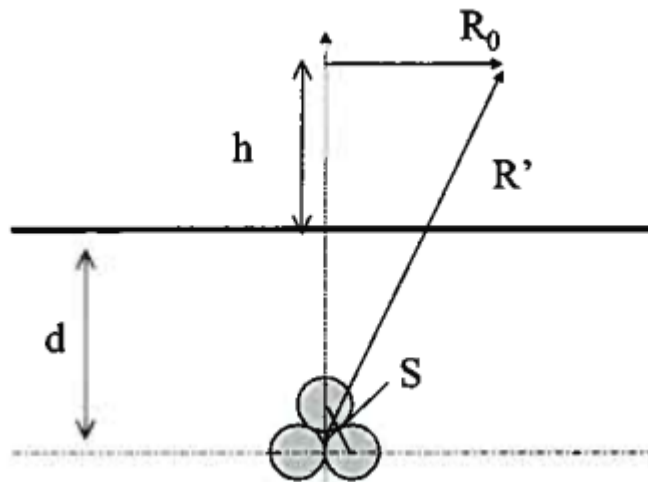


Figura 5-1: Schema di principio per il calcolo semplificato del campo magnetico nel caso di una singola terna.

Nel caso in cui vi sia una copresenza di terne all'interno dello stesso scavo verrà considerato, per il calcolo del campo magnetico, il principio di sovrapposizione degli effetti, sommando il contributo al valore totale del campo magnetico dato da ogni terna.

5.2.2 Metodologia di calcolo per cabine di sottocampo

Il modello semplificato per il calcolo delle D.p.a per le cabine di trasformazione, secondo il **DM 29 maggio 2008**, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", considera un sistema trifase percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa tensione in uscita dal secondario del trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal del trasformatore stesso.

I dati in ingresso per il calcolo della D.p.a. per le cabine di trasformazione sono pertanto: corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Dunque, l'equazione da utilizzare per il calcolo della D.p.a., arrotondata al mezzo metro superiore, è la seguente:

$$D. p. a. = 0,40942 * x^{0,5241} * \sqrt{I} [m]$$

Dove:

-
- D.p.a. = Distanza di prima approssimazione (m);
 - I= Corrente nominale del trasformatore in bassa tensione (A);
 - x=diametro reale dei cavi di bassa tensione.

6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Campo fotovoltaico - Circuiti in c.c.

L'Impianto Agrivoltaico, esso sarà costituito dalle Stringhe di Moduli Fotovoltaici e dai rispettivi Cavi Elettrici, considerato che:

- Tale Sezione di Impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- Nel caso di una Buona Esecuzione delle Opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

La generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno eseguono la trasformazione della corrente continua in corrente alternata. Essi sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

Il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

Si precisa che la tensione lato DC raggiungerà massimo 1.500Vdc mentre il lato BT l'impianto sarà esercito a 800Vac (linee di potenza).

Alla luce delle considerazioni si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettromagnetico.

7. CABINE DI SOTTOCAMPO

Le cabine di sottocampo presentano taglie di trasformatori diversi, da 2000 kVA a 3150 kVA, a seconda del numero di inverter collegati alla cabina stessa.

Per le cabine con trasformatore da 2000 kVA la potenza massima è pari a 1750 kVA, alla quale vengono collegati 5 inverter da 350 kVA.

La corrente (I) che arriva al secondario del trasformatore è pari 1262,95 A, ad 800 V.

Poiché la sezione dei cavi pari a 500 mm², Il diametro reale dei cavi (x) è pari a 37,1 mm.

Quindi, la D.p.a., arrotondata al mezzo metro superiore, risulta essere pari a 3 m.

Per le cabine con trasformatore da 2500 kVA la potenza massima è pari a 2450 kVA, alla quale vengono collegati 7 inverter da 350 kVA.

La corrente (I) che arriva al secondario del trasformatore è pari 1768,14 A, ad 800 V.

Poiché la sezione dei cavi pari a 500 mm², Il diametro reale dei cavi (x) è pari a 37,1 mm.

Quindi, la D.p.a., arrotondata al mezzo metro superiore, risulta essere pari a 3,5 m.

Per le cabine con trasformatore da 3150 kVA la potenza massima è pari a 2850 kVA, alla quale vengono collegati 8 inverter da 350 kVA.

La corrente (I) che arriva al secondario del trasformatore è pari 2020,73 A, ad 800 V.

Poiché la sezione dei cavi pari a 500 mm², Il diametro reale dei cavi (x) è pari a 37,1 mm.

Quindi, la D.p.a., arrotondata al mezzo metro superiore, risulta essere pari a 3,5 m.

In ogni caso, le cabine di sottocampo sono interamente contenute all'interno dell'area d'impianto, che è recintata ed alla quale può accedere solamente lavoratori che si occupano della conduzione e manutenzione dell'impianto stesso.

8. CAMPO ELETTRICO GENERATO DAGLI ELETTRICI

Di seguito vengono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la valutazione delle D.p.a. nel caso di linee elettriche interrate.

8.1. Rete interna in bassa tensione

Nel caso della rete interna in bassa tensione si è analizzato il caso di 9 terne, posante entro corrugato, all'interno dello stesso scavo, come rappresentato in Figura 3-2.

Data la potenza apparente del singolo inverter, pari a 350 kVA, e la tensione nominale in uscita dall'inverter, pari a 800 V, la corrente di impiego (I) sarà pari a circa 161,7 A.

Data la sezione del cavo considerato, pari a 500 mm², la distanza (S) tra i singoli conduttori è pari a 37,1 mm, ovvero pari al diametro esterno del singolo cavo, come riportato nella Figura 3-1.

Una volta ottenuti i dati di input è possibile andare ad effettuare il calcolo del valore del campo magnetico, per poi ottenere il valore della D.p.a.

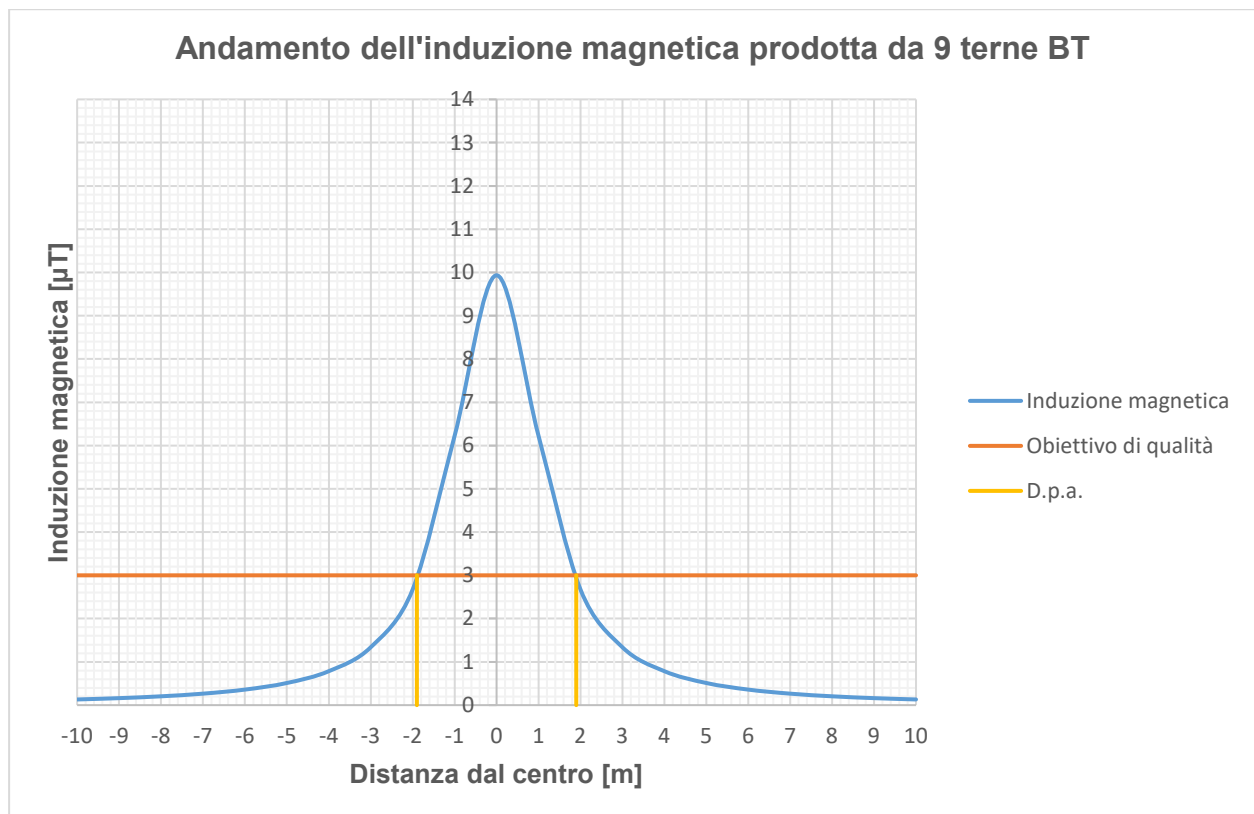


Figura 8-1: Risultato del calcolo delle D.p.a. per 9 terne a 800 V (D.p.a. sx = 1,9 m, D.p.a. dx = 1,9 m).

Dal grafico è possibile vedere che i livelli di induzione magnetica a 100 µT e 10 µT sono completamente sotto il livello del terreno.

Il livello di induzione magnetica a $3 \mu\text{T}$ è contenuto entro 4 m (arrotondato al mezzo metro superiore) nell'intorno dell'asse.

Le linee in questione, in ogni caso, sono interrato all'interno dell'area d'impianto, ovvero zone recintate e accessibili solo al personale di gestione dell'impianto e per poche ore l'anno. Quindi, all'interno della D.p.a. non ricadono recettori sensibili, ovvero luoghi nelle quali è ipotizzabile una permanenza giornaliera superiore a 4 ore.

8.2. Rete interna in Media Tensione

Nel caso della rete interna in media tensione si è analizzato il caso delle 5 terne, posante entro corrugato, all'interno dello stesso scavo, come rappresentato in Figura 3-4.

Data la potenza apparente sulle terne, che varia da 15050 kVA a 16800 kVA, e la tensione nominale, pari a 36 kV, la corrente di impiego (I) varierà rispettivamente da 241 A a 269,4 A.

Data la sezione del cavo considerato, che varia da 185 mm^2 a 300 mm^2 , la distanza (S) tra i singoli conduttori varia da 38 mm a 41 mm, ovvero pari al diametro esterno del singolo cavo, come riportato nella Figura 3-3.

Una volta ottenuti i dati di input è possibile andare ad effettuare il calcolo del valore del campo magnetico, per poi ottenere il valore della D.p.a.

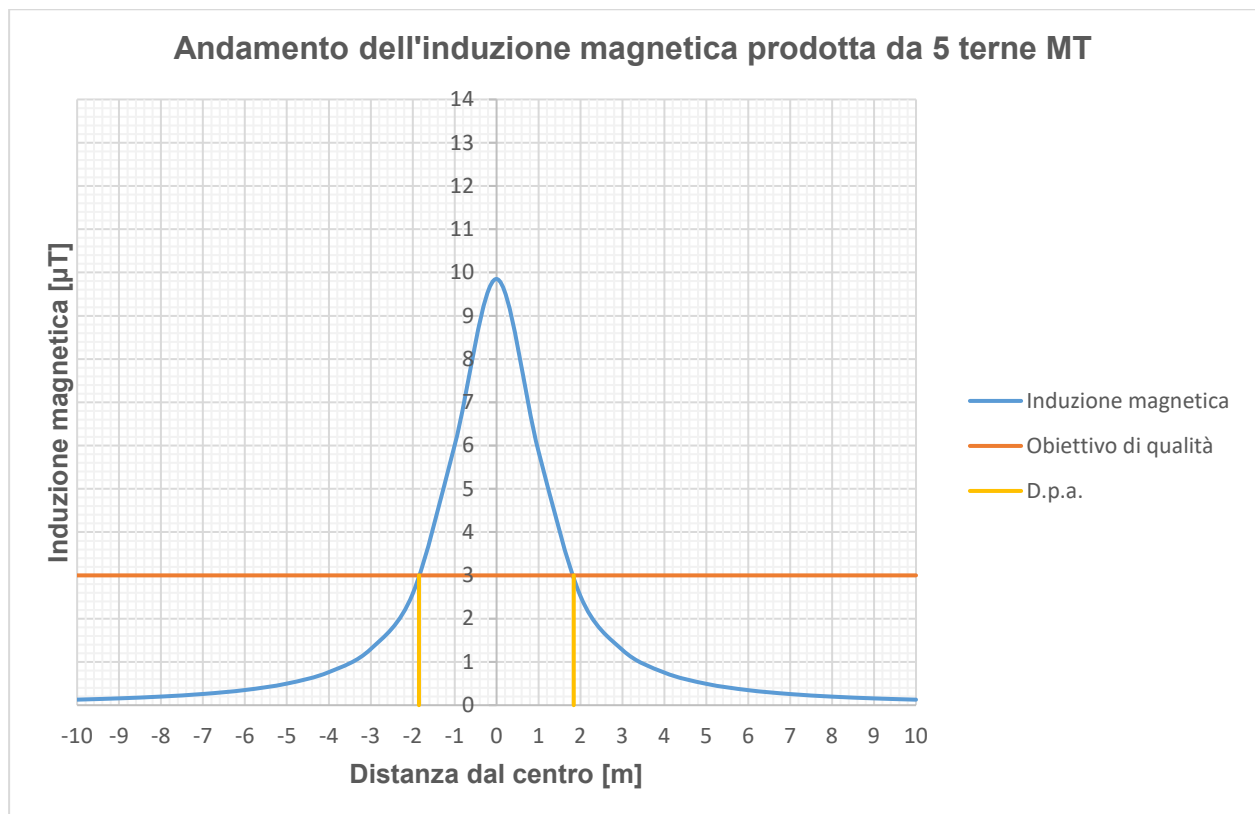


Figura 8-2: Risultato del calcolo delle D.p.a. per 5 terne a 36 kV (D.p.a. sx =1,85 m, D.p.a. dx =1,84 m).

Dal grafico è possibile vedere che i livelli di induzione magnetica a 100 μT e 10 μT sono completamente sotto il livello del terreno.

Il livello di induzione magnetica a 3 μT è contenuto entro 4 m (arrotondato al mezzo metro superiore) nell'intorno dell'asse.

Le linee in questione, in ogni caso, sono interrato all'interno dell'area d'impianto, ovvero zone recintate e accessibili solo al personale di gestione dell'impianto e per poche ore l'anno. Quindi, all'interno della D.p.a. non ricadono recettori sensibili, ovvero luoghi nelle quali è ipotizzabile una permanenza giornaliera superiore a 4 ore.

8.3. Rete in Media Tensione di connessione

Nel caso della rete interna in media tensione si è analizzato il caso delle 4 terne, direttamente interrate, all'interno dello stesso scavo, come rappresentato in Figura 3-5.

Data la potenza apparente sulle terne, pari 16.800 kVA su due terne e 23.275 kVA sulle restanti due, e la tensione nominale, pari a 36 kV, la corrente di impiego (I) sarà rispettivamente da 269,4 A e 373,27 A.

Data la sezione del cavo considerato, pari a 500 mm², la distanza (S) tra i singoli conduttori sarà pari a 51 mm, ovvero pari al diametro esterno del singolo cavo, come riportato nella Figura 3-3.

Una volta ottenuti i dati di input è possibile andare ad effettuare il calcolo del valore del campo magnetico, per poi ottenere il valore della D.p.a.

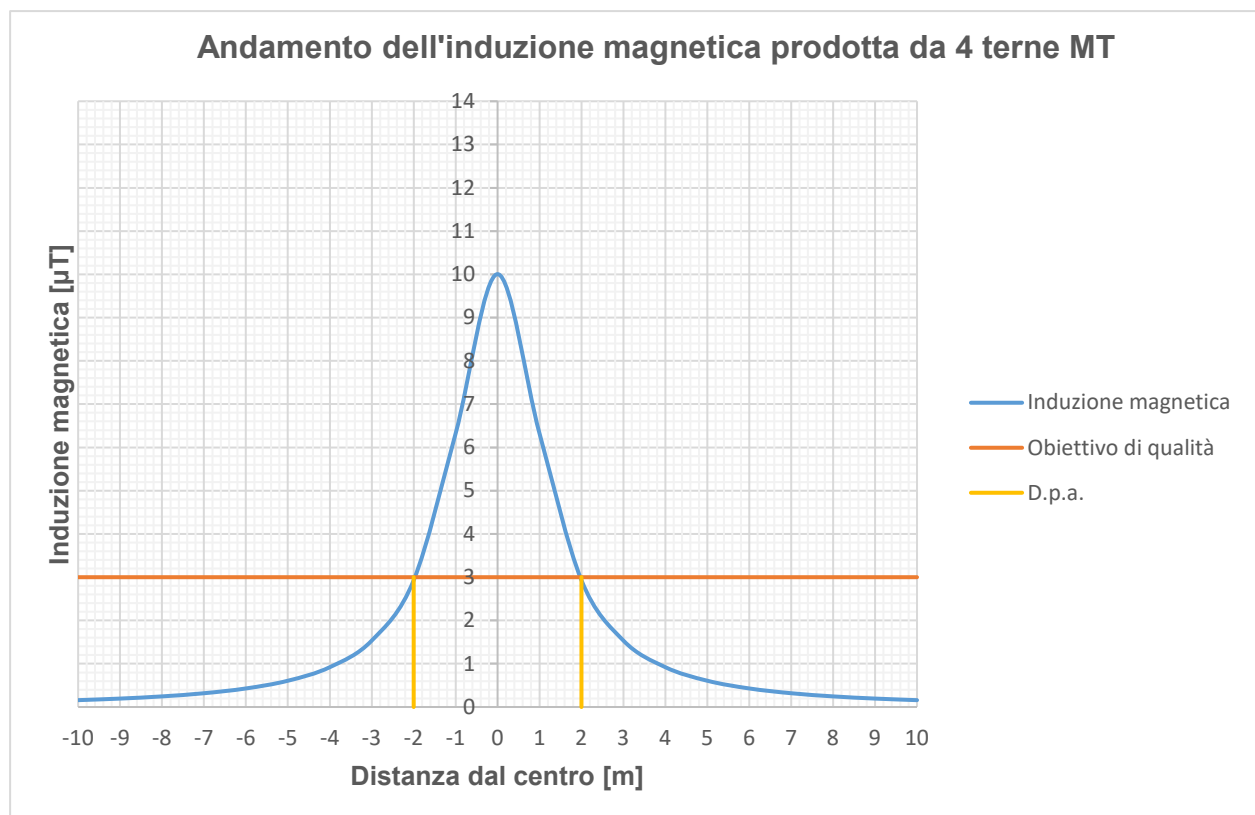


Figura 8-3: Risultato del calcolo delle D.p.a. per 4 terne a 36 kV (D.p.a. sx = 2 m, D.p.a. dx = 2 m).

Dal grafico è possibile vedere che i livelli di induzione magnetica a 100 μT e 10 μT sono completamente sotto il livello del terreno.

Il livello di induzione magnetica a 3 μT è contenuto entro 4 m (arrotondato al mezzo metro superiore) nell'intorno dell'asse.

Le linee in questione, sono interrate all'esterno dell'area d'impianto. In ogni, all'interno della D.p.a. non ricadono recettori sensibili, ovvero luoghi nelle quali è ipotizzabile una permanenza giornaliera superiore a 4 ore.

9. CONCLUSIONE

Le apparecchiature e gli impianti del campo fotovoltaico producono campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti/apparecchiature e dalla corrente che li percorre.

Per quanto esposto nei capitoli precedenti si riassumono le conclusioni:

- Il campo elettrico in media tensione, determinato dai cavi interrati, è sicuramente inferiore a 5 kV/m: infatti, è pressoché nullo già nelle immediate vicinanze dei cavidotti interrati per via degli schermi e delle protezioni;
- L'induzione magnetica, calcolata nelle condizioni peggiori possibili, presenta una fascia di rispetto che non insiste su aree occupate stabilmente dalla popolazione ma solo all'interno dell'area dell'impianto o lungo strade interpoderali/comunali. Dall'analisi risulta che non ci siano zone occupate stabilmente dalla popolazione per più di 4 ore/giorno nelle quali l'induzione magnetica è maggiore di 3 μ T. Valori più alti, ma comunque sempre inferiori al valore limite per la popolazione fissato in 100 μ T, si possono raggiungere in zone dove non è prevista la presenza continuativa di persone durante la giornata;
- Per i cavi MT di connessione, posati quindi lungo strade pubbliche e su terreni al di fuori dell'area del campo fotovoltaico, si definisce una D.p.a. pari a 4 m. In tali zone non risultano siano comprese aree dove è prevista la presenza di persone per più di 4 ore/giorno;
- Le cabine di sottocampo presentano valori delle D.p.a. non maggiori di 3,5 m. Tuttavia, queste sono collocate interamente all'interno dell'area d'impianto, che sono recintate ed accessibili solamente al personale addetto alla conduzione e manutenzione dell'impianto stesso.
- Le apparecchiature installate saranno tutte singolarmente provviste di certificazione EMC e conseguente marchio CE, oltre che collocate all'interno dell'area d'impianto.

Dunque, si è dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa degli impianti in progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non siano inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge. Nelle zone all'interno delle aree occupate dall'impianto si applicano le disposizioni riguardanti l'esposizione dei lavoratori ed anche in questo caso, i valori calcolati sono minori dei limiti stabiliti dalla legge.

Pertanto, si può senz'altro affermare che sia verificata una condizione di tutela sia della popolazione nelle aree esterne (DPCM 08/07/2003), sia dei lavoratori in aree interne (D.lgs. 159/2016).