



Committente: PV Helios S.R.L. Via Roma, 44 94019 Valguarnera Caropepe (EN) P.Iva.: 01290230869	Comune Butera (CL)
	Indirizzo C.da Pozzillo

PROGETTO DI UN IMPIANTO A TERRA ECO-AGRO-FOTOVOLTAICO DI 113,59 MW_p INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 3 MW, COMPRENSIVO DELLE OPERE DI RETE, DA REALIZZARSI IN TERRITORIO DEL COMUNE DI BUTERA (CL) 93011 IN CONTRADA POZZILLO, SUI TERRENI AGRICOLI IDENTIFICATI SUI FOGLI 171, 173, 174, 175, 176, 200, 203, 204.

PROGETTAZIONE AMBIENS SRL SOCIO UNICO SOCIETA' D'INGEGNERIA VIA ROMA 44, 94019 VALGUARNERA CAROPEPE (EN), ITALY TEL-FAX: 0935/958856 CELL. 0039 333 6903787 P.IVA: 01108850866	TIMBRI 
--	--

Relazione sui campi elettromagnetici	Elaborato: R12
Rev. Ambiens Finale	27.10.2021

INDICE

1	PREMESSE	2
2	REQUISITI DI RISPONDEZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI TECNICI	2
3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
3.1	CARATTERISTICHE GENERALI	3
3.2	SITO DI INSTALLAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI	3
4	CARATTERISTICHE E DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	6
4.1	CONFIGURAZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....	6
5	FONTI DI EMISSIONE	9
5.1	ELETTRODOTTO MT	9
5.2	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE DI TRASFORMAZIONE 150/30 kV	12
5.3	PARCO FOTOVOLTAICO	12
6	VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO	13
6.1	VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO.....	13
6.2	VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO	13
7	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI.....	14
7.1	TIPOLOGIA DI POSA.....	14
7.2	CASO 1 – 1 TERNA DI CAVI MT – POSA 0,80 M.....	15
7.3	CASO 2 – 2 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M.....	18
7.4	CASO 3 – 3 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M.....	23
7.5	CASO 4 – 5 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M	27
7.6	CASO 5 – 6 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M	31
7.7	CASO 6 – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA A 1,60 M	34
7.8	RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI INTERRATI	38
8	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE	38
9	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAL PARCO FOTOVOLTAICO	39
9.1	SMART TRANSFORMER STATION	40
9.2	CABINA PRONCIPALE DI IMPIANTO MTR	40
10	CONCLUSIONI	40

1 PREMESSE

Il presente documento costituisce la relazione tecnica sui campi elettromagnetici relativa all'impianto eco-agro-fotovoltaico della potenza di 113,82 MWp, integrato da un sistema di accumulo della potenza di 3 MW (116,59 MW in immissione) e delle relative opere di connessione alla RTN che la società PV HELIOS S.r.l. intende realizzare nel Comune di Butera (CL).

Il soggetto proponente dell'iniziativa è la Società PV HELIOS S.r.l. avente sede legale in Valguarnera Caropepe (EN), Via Roma n.44, C.F. / P.IVA 01290230869, iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Artigianato ed Agricoltura di Palermo ed Enna con il numero di Repertorio Economico Amministrativo EN-426832.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione dell'impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

2 REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI TECNICI

Il contenuto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della "regola dell'arte", nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, in osservanza alla legislazione e alle Norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore al momento della realizzazione dell'impianto in particolare si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Legge 23 luglio 2009, n°99, "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia";
- Decreto del 27/02/09, Ministero della Sviluppo Economico;
- Decreto del 29/05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- 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 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.

	Committente: PV HELIOS S.R.L.	Data: Ottobre 2021
--	---	------------------------------

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture fisse in due diversi lotti di terreno confinanti, denominati “lotto nord” e “lotto sud”, ubicati nel Comune di Butera (CL), per una potenza di 113,82 MWp. Inoltre, l’impianto prevede un sistema di accumulo di energia elettrica della potenza di 3 MW, risultando una potenza complessiva di 116,82 MW.

L’impianto agro-fotovoltaico sarà composto complessivamente da 2 lotti di terreno limitrofi, per un totale di n.18 sottocampi di potenza variabile da 5.189,82 kWp fino a 6.512,40 kWp, per una potenza complessiva di 113.816,92 kWp, collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione a 30 kV.

Presso l’impianto verranno altresì realizzate le cabine di sottocampo o *Smart Transformer Station* (STS), dalle quali si dipartiranno le linee interrato di collegamento di media tensione (6 in totale) verso la cabina principale o *Main Technical Room* (MTR), presso la sottostazione elettrica di utente; sarà altresì realizzata la Control Room per la gestione e monitoraggio dell’impianto, i servizi ausiliari e di videosorveglianza.

La Sottostazione Elettrica di Utente (SEU) di elevazione della tensione da 30 kV a 150 kV per l’immissione dell’energia prodotta nella rete di trasmissione nazionale sarà ubicata nel lotto nord e sarà accessibile dalla Strada Vicinale Pozzillo. Dalla stessa si dipartirà la linea in AT a 150 kV di collegamento alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN previa condivisione del punto di connessione con l’operatore *Alleans Renewable Progetto 5 Srl*, attraverso la realizzazione di una nuova SEU sita nelle vicinanze della futura SE della RTN.

Oltre alla componente di generazione fotovoltaica una parte predominante dei terreni disponibili sarà destinata ad attività agricole (oliveti, seminativi, piante aromatiche), all’apicoltura, alla forestazione e alle connesse attività di sperimentazione agricola, il tutto in una logica di integrazione costante con la componente di produzione energetica da fonte rinnovabile al fine di fondere in un’unica iniziativa integralmente ecosostenibile.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria “*impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda*” citata nell’All. IV lettera c) del D.Lgs 152/2006 e s.m.i..

3.2 SITO DI INSTALLAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

L’impianto fotovoltaico in progetto verrà realizzato in agri del territorio del Comune di Butera (CL). Nella cartografia del Catasto Terreni l’area di impianto, compresa la SEU, è identificata nei seguenti fogli di mappa:

- Foglio di mappa n. 171, p.lla 82.
- Foglio di mappa n. 173, p.lle 40, 41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 116 e 146.
- Foglio di mappa n. 174, p.lle 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 e 10.
- Foglio di mappa n. 175, p.lle 5 e 6.
- Foglio di mappa n. 200, p.lle 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 128 e 183.

Per quanto riguarda la Stazione della RTN, la stessa sarà realizzata nei terreni identificati nei seguenti fogli di mappa:

- Foglio di mappa n. 175, p.lle 27 e 121.

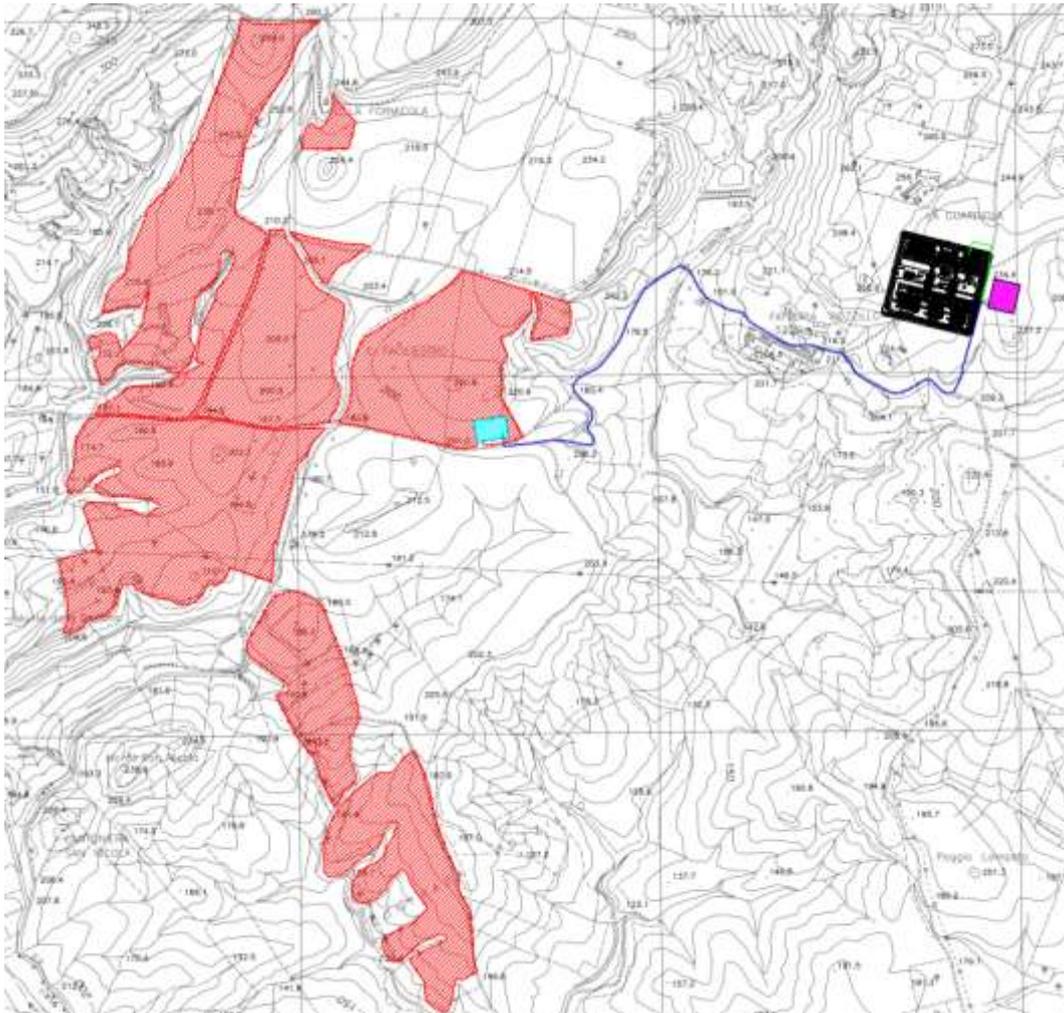
Nella cartografia ufficiale il sito è individuato nei seguenti riferimenti:

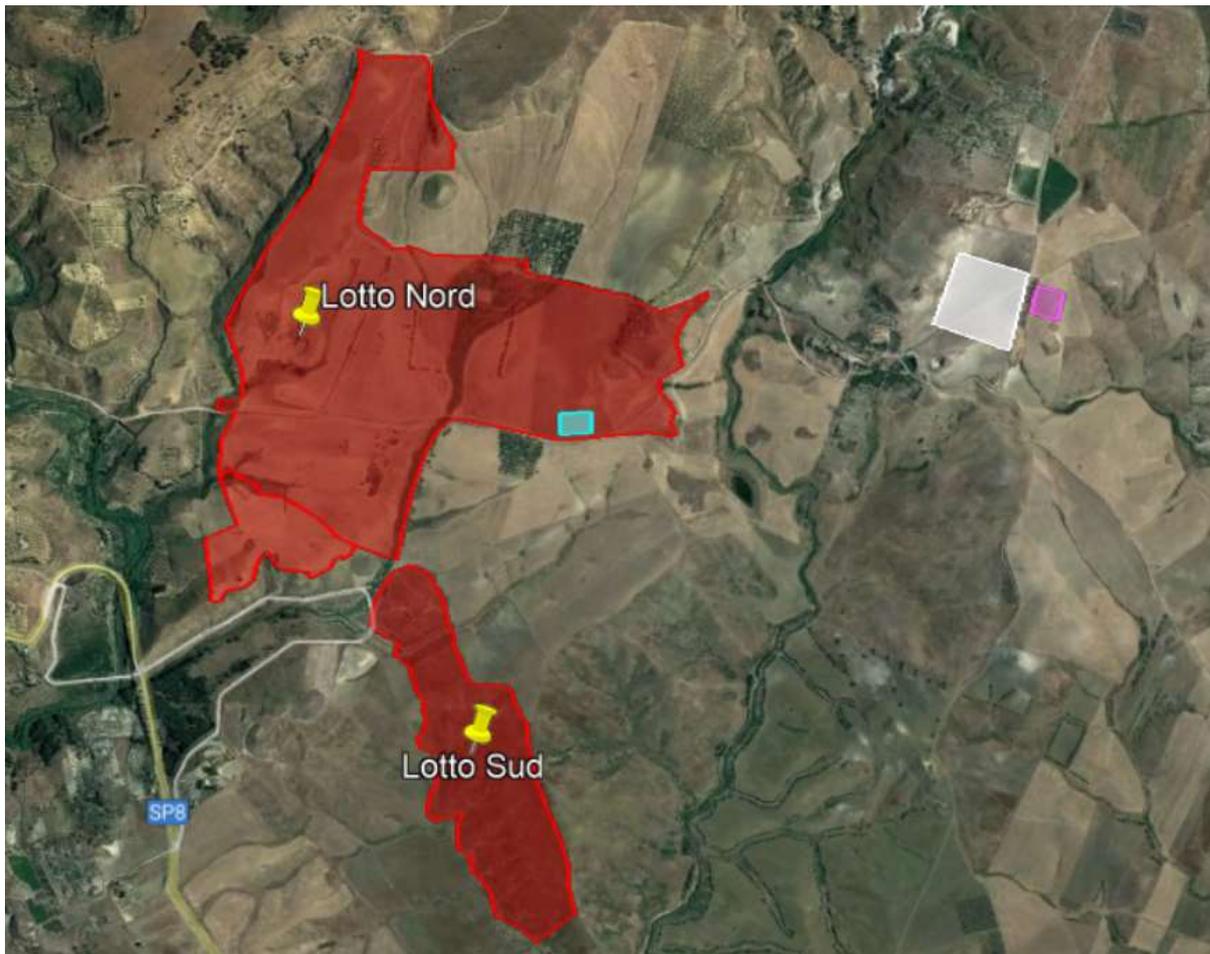
- Cartografia dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 (IGM): Foglio n. 272, "Monte Gibliscemi" (I° Quadrante SO) e "Ponte Olivo" (II° Quadrante NO);
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (CTR): sezione 643030 "Butera";

Di seguito la tabella di riepilogo dei dati di inquadramento cartografico comprensiva delle coordinate assolute nel sistema UTM 33S WGS84 delle aree che saranno interessate dall'impianto agro-fotovoltaico e delle opere di connessione alla RTN.

SITO DI INSTALLAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI							
DESCR.	SISTEMA UTM 33S WGS84			CATASTALE		CTR 1:10.000	IGM 1:25.000
	E	N	H (m)	Foglio	Particelle		
Lotto Nord	429948	4115052	208	171	82	643030	272 I-SO "Monte Gibliscemi"
				173	40, 41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 116, 146		
				174	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10		
Lotto Sud	430164	4113808	158	200	9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 128, 183	643030	272 I-SO "Monte Gibliscemi" 272 II-NO "Ponte Olivo"
SEU	430536	4114837	207	174	7, 9	643030	272 I-SO "Monte Gibliscemi"
SE della RTN	431769	4115164	233	175	27, 121	643030	272 I-SO "Monte Gibliscemi"







4 CARATTERISTICHE E DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

4.1 CONFIGURAZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è articolato in due diverse aree di conversione fotovoltaica e generazione elettrica, identificate come "Lotto Nord" e "Lotto Sud", così composte:

- **Lotto Nord**, articolato in n.15 sottocampi aventi le seguenti componenti principali:
 - N. 15 Smart Transformer Station della potenza di 6 MVA, le quali convogliano le linee BT provenienti dai 522 inverter da 185 kVA ad esse collegate ed elevano la tensione fino ai 30 kV della rete di distribuzione interna.
 - I moduli fotovoltaici, in silicio monocristallino da 670 Wp, saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno del tipo fisso, con angolo di inclinazione di 25° e altezza alla mezzeria di 2,20 m dal suolo. I sostegni saranno in acciaio al carbonio galvanizzato resistente alla corrosione e saranno infissi nel terreno tramite battipalo.
 - Rete di distribuzione interna in MT a 30 kV, che collegherà i diversi sottocampi alla sottostazione di utente 30/150 kV. La rete è costituita da n.6 dorsali che raccolgono ciascuna la potenza di 3 sottocampi:

LINEA MT	CAVO	DA	A	Lunghezza [m]	Potenza [kVA]
D1	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 1	STS 2	350	6.512
D1	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 3	STS 2	520	6.512
D1	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 2	MTR - SEU	1.550	19.537
D2	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 4	STS 5	230	5.355
D2	3x1x240 mmq - 18/30 kV	STS 5	STS 6	280	11.867
D2	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 6	MTR - SEU	950	18.379
D3	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 8	STS 9	300	6.512
D3	3x1x240 mmq - 18/30 kV	STS 9	STS 10	240	13.025
D3	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 10	MTR - SEU	160	19.537
D4	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 11	STS 12	330	5.586
D4	3x1x240 mmq - 18/30 kV	STS 12	STS 7	160	12.099
D4	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 7	MTR - SEU	570	17.289
D5	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 15	STS 14	450	6.512
D5	3x1x240 mmq - 18/30 kV	STS 14	STS 13	340	13.025
D5	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 13	MTR - SEU	680	19.537

- **Lotto Sud**, articolato in n.3 sottocampi aventi le seguenti componenti principali:
 - N. 3 Smart Transformer Station della potenza di 6 MVA, le quali convogliano le linee BT provenienti dai 108 inverter da 185 kVA ad esse collegate (36 inverter per STS) ed elevano la tensione fino ai 30 kV della rete di distribuzione interna.
 - I moduli fotovoltaici, in silicio monocristallino da 670 Wp, saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno del tipo fisso, con angolo di inclinazione di 25° e altezza alla mezzeria di 2,20 m dal suolo. I sostegni saranno in acciaio al carbonio galvanizzato resistente alla corrosione e saranno infissi nel terreno tramite battipalo.
 - Rete di distribuzione interna in MT a 30 kV, che collegherà i diversi sottocampi alla sottostazione di utente 30/150 kV. La rete è costituita da n.1 dorsale che raccoglie la potenza di 3 sottocampi:

LINEA MT	CAVO	DA	A	Lunghezza [m]	Potenza [kVA]
D6	3x1x70 mmq - 18/30 kV	STS 18	STS 17	250	6.512
D6	3x1x240 mmq - 18/30 kV	STS 17	STS 16	550	13.025
D6	3x1x500 mmq - 18/30 kV	STS 16	MTR - SEU	1.400	19.537

Sono inoltre parte integrante del progetto della componente elettrica dell'impianto agro-fotovoltaico i seguenti elementi:

- **Sottostazione di utente (SEU) di trasformazione MT/AT 30/150 kV**, con la realizzazione di due stalli in AT così composta:
 - N. 2 stalli AT con trasformatori MT/AT 60/70 MVA e i relativi dispositivi di protezione e sezionamento;

- N.1 stallo in uscita, per la linea AT a 150 kV di collegamento alla SE della RTN.
 - Sarà presente all'interno della SEU un sistema di accumulo dell'energia elettrica di 3MW di potenza nominale.
- **Collegamento elettrico dell'impianto fotovoltaico alla rete di trasmissione nazionale**, che avverrà presso la futura Stazione Elettrica della RTN a 220/150 kV denominata "Butera 2" previa condivisione del punto di connessione con l'operatore *Alleans Renewable Progetto 5 Srl*, attraverso la realizzazione di una nuova sottostazione di utenza condivisa, sita nelle vicinanze della futura Stazione Elettrica della RTN. La sottostazione elettrica del Proponente verrà collegata, tramite una linea in cavo interrato a 150 kV posta lungo la viabilità esistente, in derivazione alla barra generale AT della sottostazione elettrica condivisa. Da questa stazione si diparte la linea condivisa da entrambi operatori in cavo interrato AT a 150 kV per il collegamento alla futura SE della RTN.

LINEA AT	CAVO	PARTENZA	ARRIVO	Lunghezza [m]	Potenza [kVA]
AT1	3x1x500 mmq 150/170 kV	SEU PV Helios	SEU Alleans Renewable	2.000	113.817
AT2	3x1x1.600 mmq 150/170 kV	SEU Alleans Renewble	SE della RTN	300	213.817

- **Stazione Elettrica di connessione alla RTN a 220/150 kV**, con raccordi in entra-esce alla linea della RTN a 220 kV "Chiamonte Gulfi – Favara" e alla linea della RTN a 150 kV "Caltanissetta CP – Gela".

L'impianto sarà completato da tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale e dalle opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, monitoraggio ambientale, viabilità di servizio, cancelli e recinzioni.

L'impianto nel suo complesso è in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza potranno essere alimentati da un generatore temporaneo diesel di emergenza e dal sistema di accumulo presente nell'impianto.

5 FONTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- L'etrodotto MT di interconnessione fra le cabine di campo presenti all'interno del parco fotovoltaico, verso la cabina MTR principale di impianto;
- La sottostazione elettrica di trasformazione 150/30 kV;
- Le cabine elettriche (Smart Transformer Station) presenti nel parco fotovoltaico.

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto non verranno trattate ai fini della valutazione.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

5.1 ELETTRDOTTO MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei campi che per la connessione alla SEU, saranno del tipo standard 18/30 kV.

Si tratta di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva.

I cavi verranno interrati ad una profondità pari a 0,80 m. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30kV.

Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata e del numero di campi collegati a valle di tale linea.

Ciascun campo ha una potenza nominale variabile, come da tabella di seguito.

LOTTO	CAMPO	Potenza Moduli [kWp]
NORD	STS 1	6.512,40
	STS 2	6.512,40
	STS 3	6.512,40
	STS4	5.354,64
	STS 5	6.512,40
	STS 6	6.512,40
	STS 7	5.189,82
	STS 8	6.512,40
	STS 9	6.512,40
	STS 10	6.512,40
	STS 11	5.586,46
	STS 12	6.512,40
	STS 13	6.512,40
	STS 14	6.512,40
	STS 15	6.512,40
SUD	STS 16	6.512,40
	STS 17	6.512,40
	STS 18	6.512,40
Potenza Totale [kWp]		113.816,92

La tabella che segue riporta il dimensionamento dei cavi e la verifica delle sezioni, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-17. Tutte le linee in cavo soddisfano la verifica termica prevista dalla citata normativa, sia per quanto concerne le correnti di cortocircuito che per la tenuta termica dei cavi.

LINEA MT	PARTENZA	ARRIVO	Lunghezza [m]	Potenza [kVA]	Corrente nominale [A]	Sezione Cavo [mmq]	Portata cavo [A]	Circuiti nella sezione di scavo	Correttivo portata cavo K	Portata cavo corretta [A]	Verifica portata cavo [%]	Caduta di tensione [V]	Caduta di tensione cumulata [V]	Caduta di tensione cumulata [%]	Perdita di Potenza [kW]	Perdita di Potenza cumulata [kW]	Perdita di Potenza cumulata [%]
D1	STS 1	STS 2	350	6.512	125,3	50	180	1	0,96	172,8	72,53%	45,59	45,59	0,15%	9,90	9,90	0,15%
D1	STS 3	STS 2	520	6.512	125,3	50	180	1	0,96	172,8	72,53%	67,73	67,73	0,23%	14,70	14,70	0,23%
D1	STS 2	MTR - SEU	1.550	19.537	376,0	630	752	6	0,67	505,3	74,40%	48,07	115,80	0,39%	31,30	46,01	0,24%
D2	STS 4	STS 5	230	5.355	103,1	50	180	2	0,86	155,5	66,26%	24,63	24,63	0,08%	4,40	4,40	0,08%
D2	STS 5	STS 6	280	11.867	228,4	185	385	2	0,86	332,6	68,66%	17,96	42,59	0,14%	7,10	11,50	0,10%
D2	STS 6	MTR - SEU	950	18.379	353,7	630	752	6	0,67	505,3	69,99%	27,72	70,31	0,23%	16,98	28,48	0,15%
D3	STS 8	STS 9	300	6.512	125,3	50	180	1	0,96	172,8	72,53%	39,07	39,07	0,13%	8,48	8,48	0,13%
D3	STS 9	STS 10	240	13.025	250,7	185	385	1	0,96	369,6	67,82%	16,90	55,97	0,19%	7,34	15,82	0,12%
D3	STS 10	MTR - SEU	160	19.537	376,0	630	752	6	0,67	505,3	74,40%	4,96	60,93	0,20%	3,23	19,05	0,10%
D4	STS 11	STS 12	330	5.586	107,5	50	180	1	0,96	172,8	62,22%	36,87	36,87	0,12%	6,87	6,87	0,12%
D4	STS 12	STS 7	160	12.099	232,8	185	385	3	0,77	295,7	78,75%	10,46	10,46	0,03%	4,22	4,22	0,03%
D4	STS 7	MTR - SEU	570	17.289	332,7	630	752	6	0,67	505,3	65,84%	15,64	52,51	0,18%	9,01	15,88	0,09%
D5	STS 15	STS 14	450	6.512	125,3	50	180	1	0,96	172,8	72,53%	58,61	58,61	0,20%	12,72	12,72	0,20%
D5	STS 14	STS 13	340	13.025	250,7	185	385	2	0,86	332,6	75,36%	23,94	23,94	0,08%	10,39	10,39	0,08%
D5	STS 13	MTR - SEU	680	19.537	376,0	630	752	6	0,67	505,3	74,40%	21,09	79,70	0,27%	13,73	26,46	0,14%
D6	STS 18	STS 17	250	6.512	125,3	50	180	1	0,96	172,8	72,53%	32,56	32,56	0,11%	7,07	7,07	0,11%
D6	STS 17	STS 16	550	13.025	250,7	185	385	1	0,96	369,6	67,82%	38,72	71,28	0,24%	16,81	23,88	0,18%
D6	STS 16	MTR - SEU	1.400	19.537	376,0	630	752	6	0,67	505,3	74,40%	43,42	114,70	0,38%	28,27	52,15	0,27%

5.2 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE DI TRASFORMAZIONE 150/30 kV

La sottostazione di trasformazione AT/MT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT proveniente dal parco fotovoltaico ai 150 kV della rete di trasmissione nazionale, nella quale il parco dovrà conferire l'energia prodotta. Tale elevazione avverrà attraverso due trasformatori di potenza, da 60/70 MVA.

La corrente nominale dell'impianto in AT sarà pari a circa 487 A, ad una tensione di 150 kV e alla frequenza di rete di 50 Hz. È prevista altresì l'installazione di un trasformatore trifase di distribuzione MT/BT, per l'alimentazione dei servizi ausiliari della sottostazione, della potenza nominale fino a 100 kVA, ubicato presso il locale produttore della sottostazione.

Verrà fatto uso di trasformatori di tensione del tipo induttivo per le misure fiscali e del tipo capacitivo per le protezioni, così pure si farà uso di una terna di trasformatori amperometrici per effettuare le misure.

Infine, presso l'edificio di sottostazione, verranno installati i quadri MT di protezione, sezionamento e misura, nonché i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari.

5.3 PARCO FOTOVOLTAICO

Relativamente alla sola componentistica elettrica, il parco fotovoltaico nel suo complesso risulta composto da:

- N. 169.876 moduli fotovoltaici della potenza unitaria di 670 Wp, raccolti in stringhe da 30 moduli;
- N. 630 inverter di stringa, della potenza di 185 kVA;
- Combiner Box, dove avviene il parallelo degli inverter in gruppi di 9;
- N.18 Smart Transformer Station (cabine di campo), quadri di parallelo BT, trasformatori MT/bt di potenza pari a 6000 kVA, quadri MT;
- N.1 Main technical room (cabina principale di impianto, presso la SEU), contenente quadri ausiliari BT, quadri MT generali di impianto, trafo servizi ausiliari da 100 kVA;
- N.1 Control Room, contenente i quadri dei servizi di monitoraggio e comunicazione;
- Sistema di monitoraggio e telecontrollo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento del parco fotovoltaico e le eventuali anomalie.
- Cavi di collegamento CC dalle stringhe agli inverter;
- Cavi di collegamento AC in BT dagli inverter alle Smart Transformer Station (STS);
- Cavi di collegamento MT fra le STS, suddivisi in 6 distinti dorsali (D1, D2, D3, D4, D5, D6).

La potenza del generatore fotovoltaico viene resa ad un livello di tensione pari a circa 1.200 V, che viene dapprima portata al livello di 800 V negli inverter, per poi essere successivamente innalzata attraverso il trasformatore MT/bt presente nelle power station alla tensione di esercizio della rete MT interna al campo, pari a 30 kV. La potenza così prodotta, con un livello di tensione compatibile con la rete, viene immessa nella rete di vettoriamento tramite un collegamento in entra-esci, realizzato attraverso gli scomparti MT installati nelle Smart Transformer Station.

6 VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

6.1 VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

6.2 VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

7 CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti interrati, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi unipolari del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio per tutte le sezioni di cavo.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa.

Tensione	30 kV			150 kV	
Sezione (mm²)	50	185	630	500	1.600
Tipo posa	Trifoglio			Trifoglio	
Profondità posa (m)	0,80			1,60	

7.1 TIPOLOGIA DI POSA

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco fotovoltaico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

CASO	N. Terne	Tipo Posa	Profondità Posa
Caso 1	1	Trifoglio	0,80 m.
Caso 2	2	Trifoglio	0,80 m.
Caso 3	3	Trifoglio	0,80 m.
Caso 4	5	Trifoglio	0,80 m.
Caso 5	6	Trifoglio	0,80 m.
Caso 6	1	Trifoglio	1,60 m.

Le casistiche da 1 a 5 sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione variabile da 50 sino a 630 mm², della tipologia ARP1H5(AR)E 18/30 kV o equivalente, ossia cavi unipolari, mentre il caso 6 è riferito alle sezioni costituite da cavi di sezione variabile da 500 sino a 1.600 mm², della tipologia A2XS(FL)2Y 150/170 kV o equivalente.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità pari a 0,8m (elettrodotti MT) e 1,60 m (elettrodotti AT)..

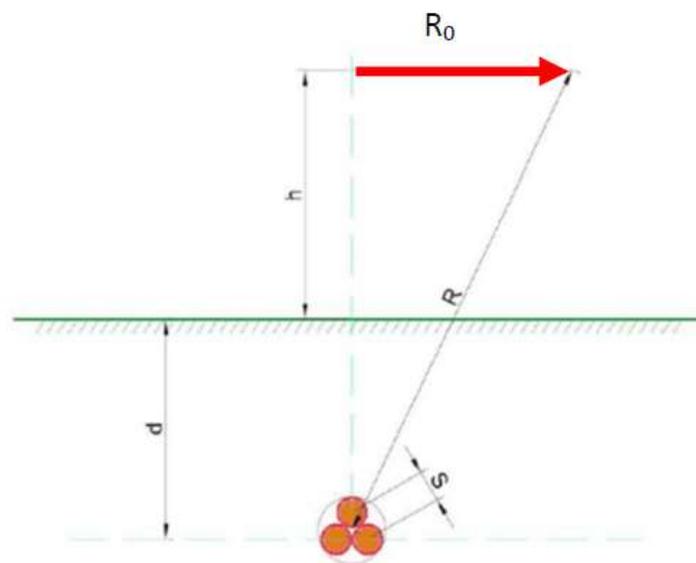
Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

7.2 CASO 1 – 1 TERNA DI CAVI MT – POSA 0,80 M

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

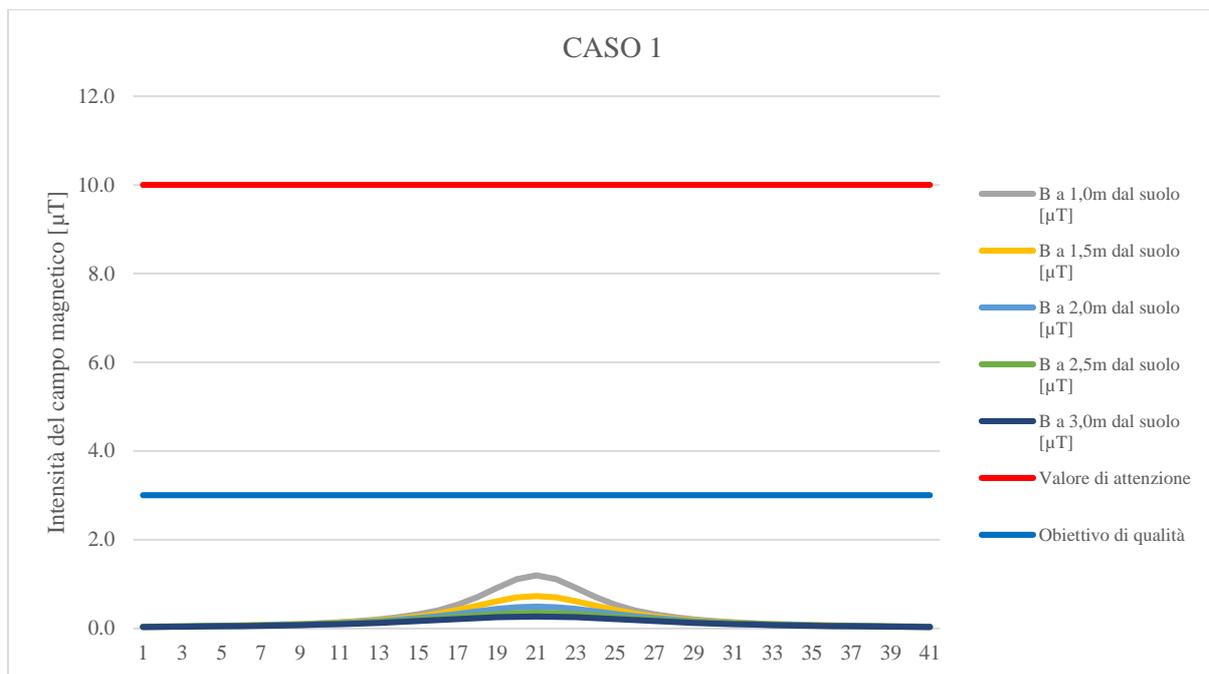
Profondità di posa dei cavi	-0,80 m.
Distanza terna dall'asse y	0 m.
Sezione terna	3x1x630 mm ²
Portata nominale cavo	752 A
Portata corretta cavo	722 A

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 630 mm², ossia il caso peggiore presente in progetto. Per semplicità di calcolo, si assumerà anche per i cavi di sezione inferiore, ossia pari a 50 e 185 mm², la medesima fascia di rispetto.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della eventuale compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μ T]	B a 1,5m dal suolo [μ T]	B a 2,0m dal suolo [μ T]	B a 2,5m dal suolo [μ T]	B a 3,0m dal suolo [μ T]
-10,0	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034
-9,5	0,041	0,041	0,039	0,038	0,037
-9,0	0,046	0,045	0,044	0,042	0,041
-8,5	0,051	0,050	0,048	0,047	0,045
-8,0	0,058	0,056	0,054	0,052	0,049
-7,5	0,065	0,063	0,060	0,058	0,055
-7,0	0,074	0,071	0,068	0,065	0,061
-6,5	0,085	0,081	0,077	0,073	0,068
-6,0	0,099	0,094	0,088	0,083	0,077
-5,5	0,116	0,109	0,102	0,094	0,087
-5,0	0,137	0,128	0,118	0,108	0,098
-4,5	0,165	0,152	0,138	0,124	0,112
-4,0	0,201	0,182	0,162	0,144	0,127
-3,5	0,250	0,221	0,193	0,167	0,145
-3,0	0,316	0,271	0,230	0,195	0,165
-2,5	0,408	0,335	0,275	0,226	0,187
-2,0	0,535	0,417	0,327	0,260	0,210
-1,5	0,705	0,513	0,384	0,295	0,232
-1,0	0,913	0,615	0,438	0,325	0,251
-0,5	1,109	0,699	0,478	0,347	0,263
0,0	1,194	0,732	0,494	0,355	0,268
0,5	1,109	0,699	0,478	0,347	0,263
1,0	0,913	0,615	0,438	0,325	0,251
1,5	0,705	0,513	0,384	0,295	0,232
2,0	0,535	0,417	0,327	0,260	0,210
2,5	0,408	0,335	0,275	0,226	0,187
3,0	0,316	0,271	0,230	0,195	0,165
3,5	0,250	0,221	0,193	0,167	0,145
4,0	0,201	0,182	0,162	0,144	0,127
4,5	0,165	0,152	0,138	0,124	0,112
5,0	0,137	0,128	0,118	0,108	0,098
5,5	0,116	0,109	0,102	0,094	0,087
6,0	0,099	0,094	0,088	0,083	0,077
6,5	0,085	0,081	0,077	0,073	0,068
7,0	0,074	0,071	0,068	0,065	0,061
7,5	0,065	0,063	0,060	0,058	0,055
8,0	0,058	0,056	0,054	0,052	0,049
8,5	0,051	0,050	0,048	0,047	0,045
9,0	0,046	0,045	0,044	0,042	0,041
9,5	0,041	0,041	0,039	0,038	0,037
10,0	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $1,194 \mu\text{T}$, inferiore all'obiettivo di qualità.

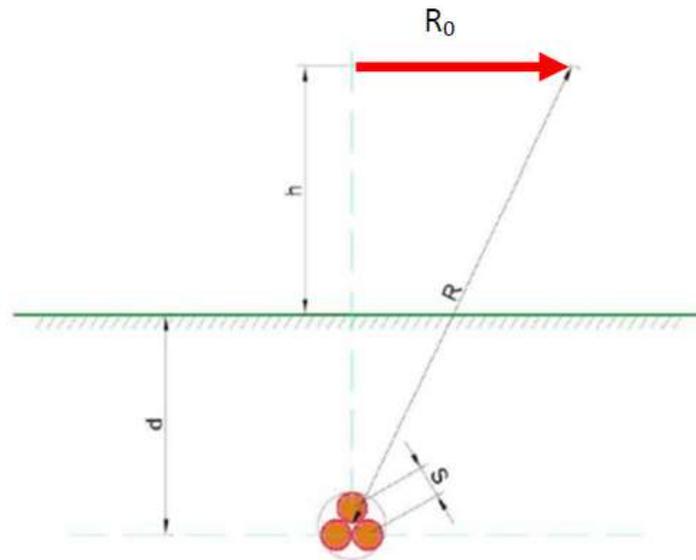
Per il CASO 1 in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a $100 \mu\text{T}$ lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$, e non risulta necessario apporre alcuna fascia di rispetto (DPA).

7.3 CASO 2 – 2 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M

Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.



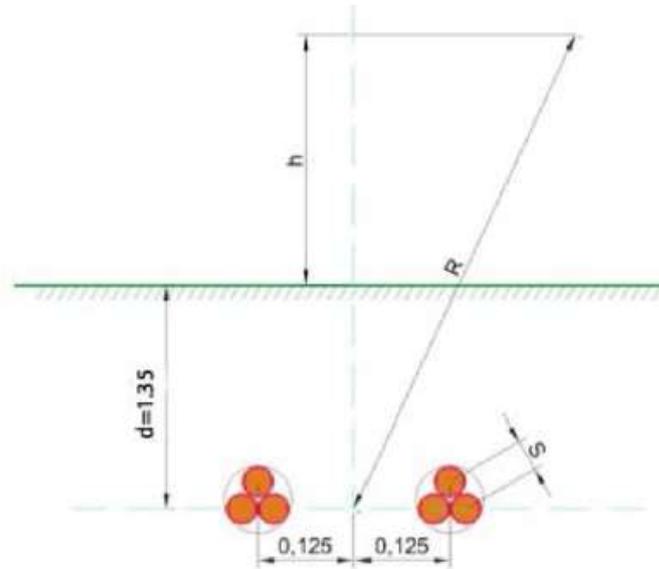
Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2}$$

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specifica della terna i -esima).

Per quanto riguarda la corrente I_i , il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11-60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, è stato preso in esame il caso di due terne di cavi della sezione di 630 mm^2 , ossia il caso peggiore. Per semplicità di calcolo, si assumerà anche per i cavi di sezione inferiore, ossia pari a $50\text{-}185 \text{ mm}^2$, la medesima fascia di rispetto.

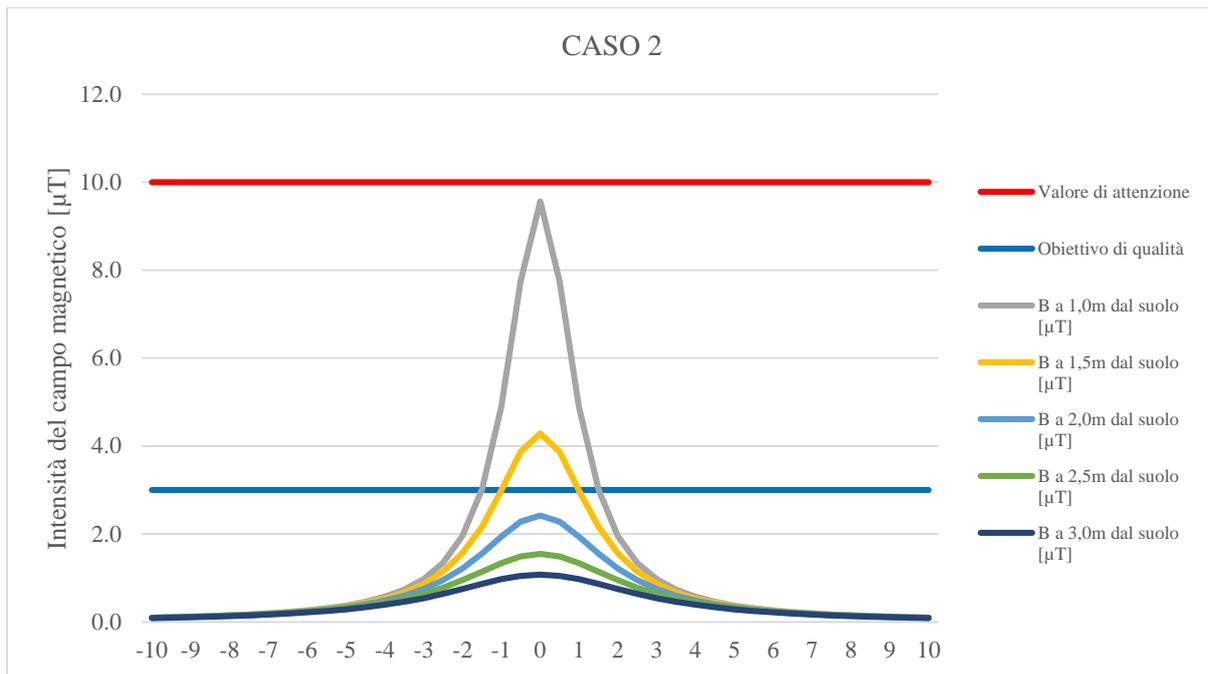
Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-0,80 m.
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,125 m.
Distanza terna 2 dall'asse y	0,125 m.
Sezione terna	$3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$
Portata nominale cavo	752 A
Portata corretta cavo	650 A

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μ T]	B a 1,5m dal suolo [μ T]	B a 2,0m dal suolo [μ T]	B a 2,5m dal suolo [μ T]	B a 3,0m dal suolo [μ T]
-10,0	0,096	0,095	0,093	0,091	0,089
-9,5	0,106	0,105	0,103	0,101	0,098
-9,0	0,119	0,117	0,114	0,111	0,108
-8,5	0,133	0,130	0,127	0,124	0,120
-8,0	0,150	0,147	0,143	0,138	0,133
-7,5	0,170	0,166	0,161	0,155	0,149
-7,0	0,194	0,190	0,183	0,176	0,168
-6,5	0,225	0,218	0,210	0,200	0,190
-6,0	0,263	0,254	0,243	0,230	0,216
-5,5	0,311	0,299	0,284	0,266	0,248
-5,0	0,374	0,357	0,335	0,311	0,286
-4,5	0,458	0,432	0,401	0,367	0,332
-4,0	0,573	0,533	0,486	0,437	0,389
-3,5	0,735	0,672	0,599	0,526	0,457
-3,0	0,975	0,866	0,749	0,638	0,540
-2,5	1,347	1,147	0,950	0,778	0,637
-2,0	1,956	1,560	1,216	0,948	0,747
-1,5	3,014	2,166	1,556	1,143	0,863
-1,0	4,894	2,992	1,941	1,338	0,970
-0,5	7,749	3,870	2,279	1,491	1,048
0,0	9,563	4,287	2,419	1,550	1,077
0,5	7,749	3,870	2,279	1,491	1,048
1,0	4,894	2,992	1,941	1,338	0,970
1,5	3,014	2,166	1,556	1,143	0,863
2,0	1,956	1,560	1,216	0,948	0,747
2,5	1,347	1,147	0,950	0,778	0,637
3,0	0,975	0,866	0,749	0,638	0,540
3,5	0,735	0,672	0,599	0,526	0,457
4,0	0,573	0,533	0,486	0,437	0,389
4,5	0,458	0,432	0,401	0,367	0,332
5,0	0,374	0,357	0,335	0,311	0,286
5,5	0,311	0,299	0,284	0,266	0,248
6,0	0,263	0,254	0,243	0,230	0,216
6,5	0,225	0,218	0,210	0,200	0,190
7,0	0,194	0,190	0,183	0,176	0,168
7,5	0,170	0,166	0,161	0,155	0,149
8,0	0,150	0,147	0,143	0,138	0,133
8,5	0,133	0,130	0,127	0,124	0,120
9,0	0,119	0,117	0,114	0,111	0,108
9,5	0,106	0,105	0,103	0,101	0,098
10,0	0,096	0,095	0,093	0,091	0,089



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 9,563 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT . Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,55 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,88 μT .

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 2 terne di sezione 630 mm² (caso 2), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,10 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 1,55 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che tale casistica si ricontra esclusivamente in **aree interne al parco fotovoltaico**, pertanto è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo

conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

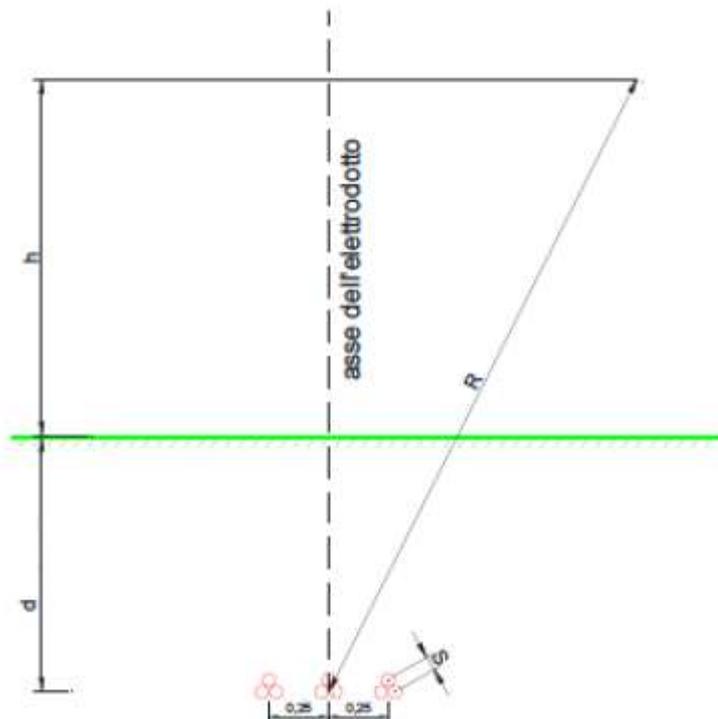
Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

7.4 CASO 3 – 3 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M.

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da tre terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_3 \times I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2}$$



dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a Ii [A] (specifica della terna i-

esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

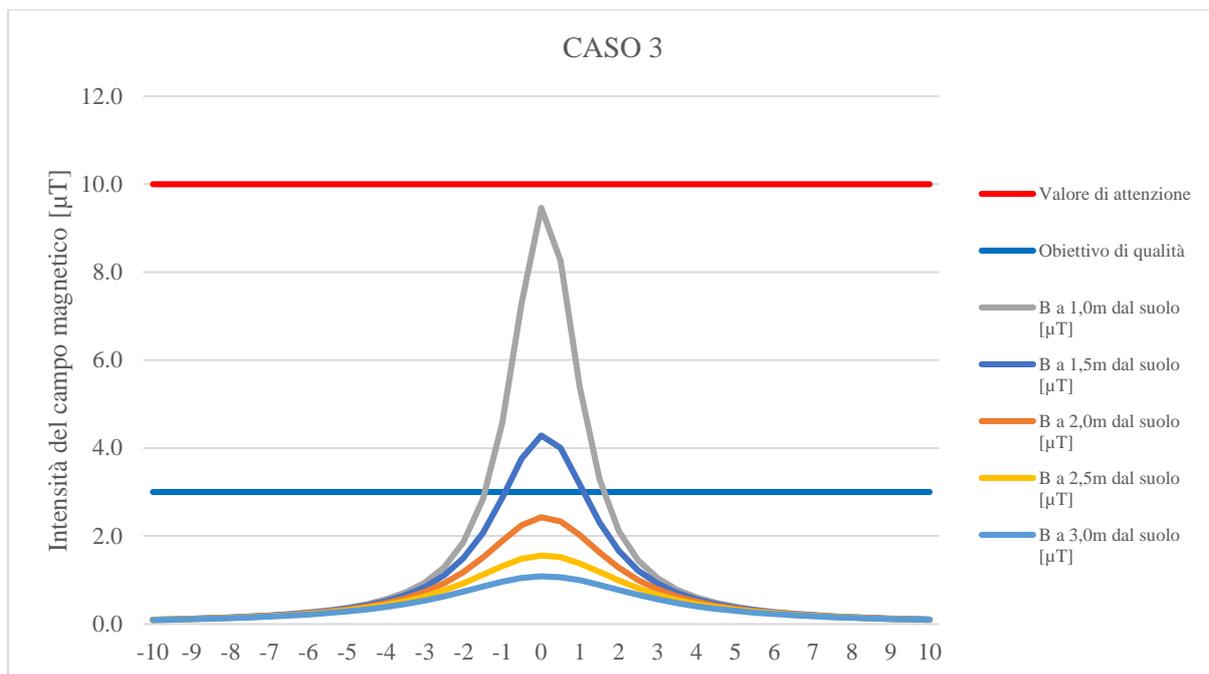
Profondità di posa dei cavi	-0,80 m.
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,250
Distanza terna 2 dall'asse y	0 m.
Distanza terna 3 dall'asse y	0,250 m.
Sezione terne 1-2	3x1x630 mm ²
Sezione terna 3	3x1x185 mm ²
Portata nominale cavo 1-2	752 A
Portata corretta cavo 1-2	578 A
Portata nominale cavo 3	385 A
Portata corretta cavo 3	296 A

Ai fini del calcolo relativo a tre terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso della compresenza nello stesso scavo di tre terne di cavi, di cui due della sezione di 630 mm² e una della sezione di 185 mm², ossia la casistica peggiore presente nell'impianto.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μ T]	B a 1,5m dal suolo [μ T]	B a 2,0m dal suolo [μ T]	B a 2,5m dal suolo [μ T]	B a 3,0m dal suolo [μ T]
-10,0	0,095	0,094	0,093	0,091	0,088
-9,5	0,106	0,104	0,102	0,100	0,097
-9,0	0,117	0,116	0,113	0,110	0,107
-8,5	0,131	0,129	0,126	0,123	0,118
-8,0	0,148	0,145	0,141	0,137	0,132
-7,5	0,168	0,164	0,159	0,154	0,147
-7,0	0,192	0,187	0,181	0,174	0,166
-6,5	0,221	0,215	0,207	0,198	0,187
-6,0	0,258	0,250	0,239	0,227	0,213
-5,5	0,305	0,294	0,279	0,262	0,244
-5,0	0,366	0,349	0,329	0,306	0,281
-4,5	0,447	0,422	0,393	0,360	0,327
-4,0	0,557	0,519	0,475	0,428	0,382
-3,5	0,712	0,652	0,583	0,514	0,449
-3,0	0,939	0,838	0,728	0,623	0,530
-2,5	1,289	1,105	0,921	0,759	0,625
-2,0	1,858	1,497	1,178	0,926	0,734
-1,5	2,839	2,073	1,508	1,118	0,850
-1,0	4,577	2,869	1,891	1,317	0,960
-0,5	7,296	3,758	2,244	1,480	1,045
0,0	9,461	4,282	2,424	1,556	1,083
0,5	8,252	4,002	2,330	1,517	1,063
1,0	5,370	3,165	2,016	1,376	0,992
1,5	3,296	2,308	1,629	1,184	0,888
2,0	2,116	1,660	1,278	0,986	0,772
2,5	1,442	1,215	0,997	0,810	0,659
3,0	1,035	0,913	0,784	0,664	0,559
3,5	0,775	0,705	0,626	0,547	0,474
4,0	0,601	0,558	0,507	0,454	0,402
4,5	0,478	0,451	0,417	0,380	0,343
5,0	0,389	0,371	0,348	0,322	0,295
5,5	0,323	0,310	0,294	0,275	0,255
6,0	0,272	0,263	0,251	0,237	0,222
6,5	0,232	0,226	0,217	0,206	0,195
7,0	0,200	0,195	0,189	0,181	0,172
7,5	0,175	0,171	0,166	0,160	0,153
8,0	0,154	0,151	0,147	0,142	0,137
8,5	0,136	0,134	0,131	0,127	0,123
9,0	0,122	0,120	0,117	0,114	0,111
9,5	0,109	0,108	0,106	0,103	0,100
10,0	0,099	0,097	0,096	0,094	0,091



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpesio, pari a 9,461 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT . Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,6 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,99 μT .

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 3 terne (caso 3), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,2 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 1,6 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che tale casistica si ricontra esclusivamente in **aree interne al parco fotovoltaico**, pertanto è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60%.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo

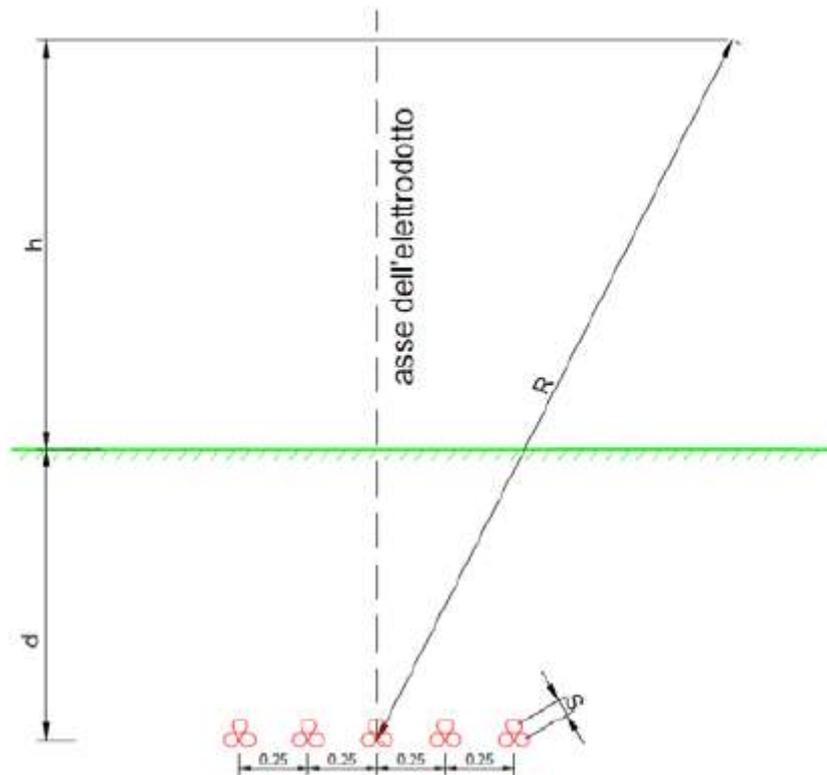
conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

7.5 CASO 4 – 5 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da cinque terne di cavi. Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$\begin{aligned}
 B = & 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} \\
 & + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_3 \times I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_4 \times I_4}{(x - x_4)^2 + (y - d)^2} \\
 & + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_5 \times I_5}{(x - x_5)^2 + (y - d)^2}
 \end{aligned}$$



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della terna i -esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

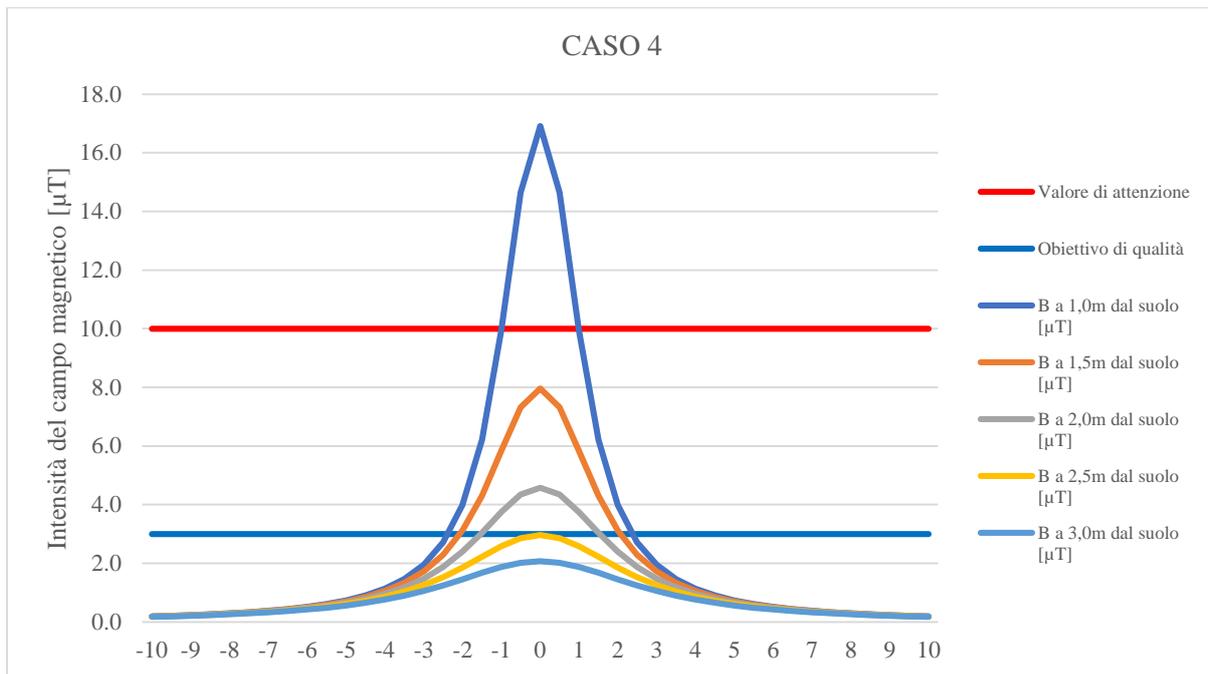
Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-0,80 m.
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,500
Distanza terna 2 dall'asse y	-0,250 m.
Distanza terna 3 dall'asse y	0m.
Distanza terna 4 dall'asse y	0,250 m.
Distanza terna 5 dall'asse y	0,500 m.
Sezione terne	3x1x630 mm ²
Portata nominale cavo	752 A
Portata corretta cavo	505 A

Ai fini del calcolo relativo a cinque terne di cavi, a scopo cautelativo, è stato preso in esame il caso della compresenza nello stesso scavo di cinque terne di cavi della sezione di 630 mm², condizione più gravosa presente in progetto.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrica, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μ T]	B a 1,5m dal suolo [μ T]	B a 2,0m dal suolo [μ T]	B a 2,5m dal suolo [μ T]	B a 3,0m dal suolo [μ T]
-10,0	0,187	0,185	0,182	0,178	0,174
-9,5	0,208	0,205	0,201	0,196	0,191
-9,0	0,231	0,228	0,223	0,217	0,210
-8,5	0,259	0,254	0,249	0,241	0,233
-8,0	0,292	0,286	0,279	0,270	0,260
-7,5	0,332	0,324	0,315	0,303	0,290
-7,0	0,380	0,371	0,358	0,343	0,327
-6,5	0,440	0,427	0,411	0,391	0,370
-6,0	0,515	0,498	0,475	0,450	0,422
-5,5	0,611	0,587	0,556	0,521	0,484
-5,0	0,736	0,701	0,657	0,609	0,559
-4,5	0,903	0,851	0,787	0,719	0,650
-4,0	1,133	1,052	0,956	0,857	0,760
-3,5	1,461	1,328	1,179	1,031	0,895
-3,0	1,949	1,718	1,476	1,251	1,055
-2,5	2,715	2,283	1,873	1,524	1,243
-2,0	3,987	3,112	2,394	1,852	1,454
-1,5	6,203	4,303	3,042	2,220	1,673
-1,0	9,952	5,839	3,751	2,581	1,872
-0,5	14,643	7,320	4,341	2,856	2,015
0,0	16,911	7,958	4,576	2,960	2,068
0,5	14,643	7,320	4,341	2,856	2,015
1,0	9,952	5,839	3,751	2,581	1,872
1,5	6,203	4,303	3,042	2,220	1,673
2,0	3,987	3,112	2,394	1,852	1,454
2,5	2,715	2,283	1,873	1,524	1,243
3,0	1,949	1,718	1,476	1,251	1,055
3,5	1,461	1,328	1,179	1,031	0,895
4,0	1,133	1,052	0,956	0,857	0,760
4,5	0,903	0,851	0,787	0,719	0,650
5,0	0,736	0,701	0,657	0,609	0,559
5,5	0,611	0,587	0,556	0,521	0,484
6,0	0,515	0,498	0,475	0,450	0,422
6,5	0,440	0,427	0,411	0,391	0,370
7,0	0,380	0,371	0,358	0,343	0,327
7,5	0,332	0,324	0,315	0,303	0,290
8,0	0,292	0,286	0,279	0,270	0,260
8,5	0,259	0,254	0,249	0,241	0,233
9,0	0,231	0,228	0,223	0,217	0,210
9,5	0,208	0,205	0,201	0,196	0,191
10,0	0,187	0,185	0,182	0,178	0,174



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 16,911 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT . Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 2,4 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,92 μT .

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 5 terne (caso 4), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,8 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 2,4 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che tale casistica si riscontra esclusivamente in **aree interne al parco fotovoltaico**, pertanto è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60%.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo

conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliera e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

7.6 CASO 5 – 6 TERNE DI CAVI MT – POSA 0,80 M

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da cinque terne di cavi. Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$\begin{aligned}
 B = & 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} \\
 & + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_3 \times I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_4 \times I_4}{(x - x_4)^2 + (y - d)^2} \\
 & + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_5 \times I_5}{(x - x_5)^2 + (y - d)^2} + 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_6 \times I_6}{(x - x_6)^2 + (y - d)^2}
 \end{aligned}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a Ii [A] (specifica della terna i-esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

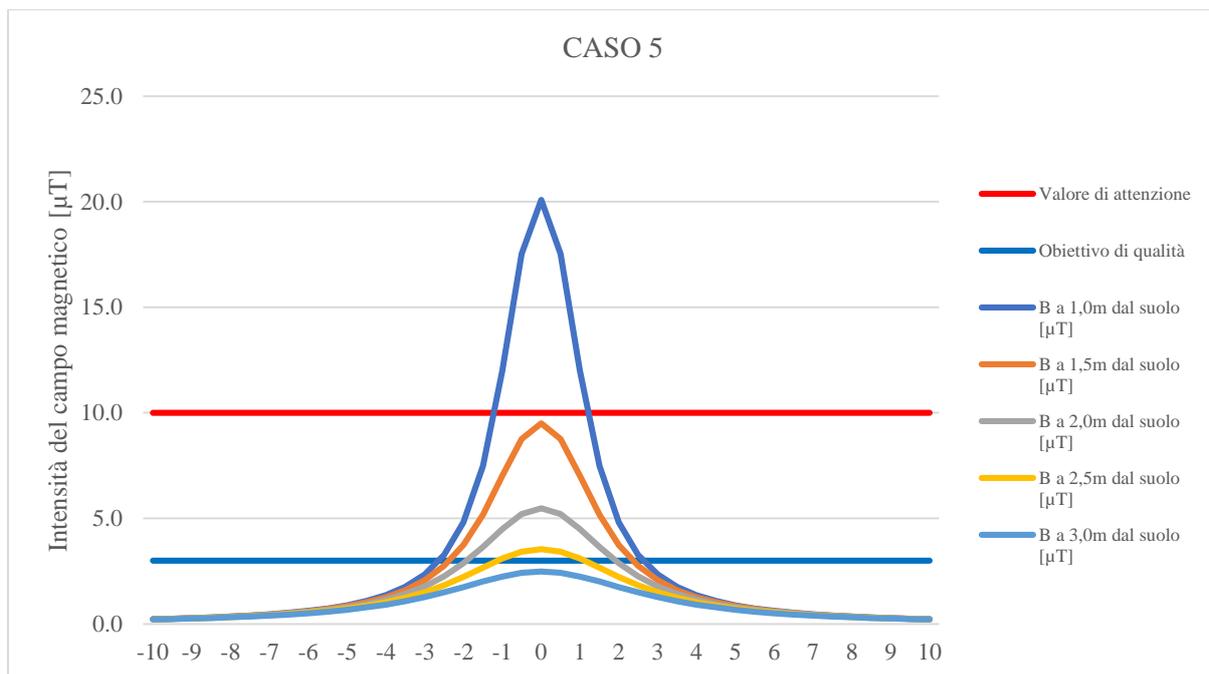
Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-0,80 m.
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,500
Distanza terna 2 dall'asse y	-0,375 m.
Distanza terna 3 dall'asse y	-0,125 m.
Distanza terna 4 dall'asse y	0,125 m.
Distanza terna 5 dall'asse y	0,375 m.
Distanza terna 6 dall'asse y	0,500 m.
Sezione terne	3x1x630 mm ²
Portata nominale cavo	752 A
Portata corretta cavo	505 A

Ai fini del calcolo relativo a cinque terne di cavi, a scopo cautelativo, è stato preso in esame il caso della compresenza nello stesso scavo di sei terne di cavi della sezione di 630 mm², condizione più gravosa presente in progetto (nei pressi della MTR).

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrica, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μT]	B a 1,5m dal suolo [μT]	B a 2,0m dal suolo [μT]	B a 2,5m dal suolo [μT]	B a 3,0m dal suolo [μT]
-10,0	0,225	0,222	0,218	0,214	0,208
-9,5	0,249	0,246	0,241	0,235	0,229
-9,0	0,277	0,273	0,268	0,261	0,253
-8,5	0,311	0,305	0,298	0,290	0,280
-8,0	0,350	0,344	0,335	0,324	0,312
-7,5	0,398	0,390	0,378	0,364	0,349
-7,0	0,456	0,445	0,430	0,412	0,392
-6,5	0,528	0,513	0,493	0,470	0,444
-6,0	0,618	0,598	0,571	0,540	0,506
-5,5	0,733	0,704	0,668	0,626	0,581
-5,0	0,884	0,842	0,790	0,731	0,671
-4,5	1,085	1,022	0,946	0,863	0,780
-4,0	1,361	1,264	1,149	1,029	0,913
-3,5	1,757	1,596	1,417	1,238	1,074
-3,0	2,345	2,066	1,773	1,502	1,267
-2,5	3,269	2,746	2,250	1,830	1,493
-2,0	4,805	3,744	2,876	2,224	1,745
-1,5	7,483	5,175	3,653	2,665	2,007
-1,0	11,999	7,012	4,499	3,096	2,245
-0,5	17,532	8,761	5,199	3,422	2,416
0,0	20,081	9,505	5,477	3,546	2,478
0,5	17,532	8,761	5,199	3,422	2,416
1,0	11,999	7,012	4,499	3,096	2,245
1,5	7,483	5,175	3,653	2,665	2,007
2,0	4,805	3,744	2,876	2,224	1,745
2,5	3,269	2,746	2,250	1,830	1,493
3,0	2,345	2,066	1,773	1,502	1,267
3,5	1,757	1,596	1,417	1,238	1,074
4,0	1,361	1,264	1,149	1,029	0,913
4,5	1,085	1,022	0,946	0,863	0,780
5,0	0,884	0,842	0,790	0,731	0,671
5,5	0,733	0,704	0,668	0,626	0,581
6,0	0,618	0,598	0,571	0,540	0,506
6,5	0,528	0,513	0,493	0,470	0,444
7,0	0,456	0,445	0,430	0,412	0,392
7,5	0,398	0,390	0,378	0,364	0,349
8,0	0,350	0,344	0,335	0,324	0,312
8,5	0,311	0,305	0,298	0,290	0,280
9,0	0,277	0,273	0,268	0,261	0,253
9,5	0,249	0,246	0,241	0,235	0,229
10,0	0,225	0,222	0,218	0,214	0,208



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 20,081 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT . Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 2,65 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,94 μT .

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 6 terne (caso 5), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 5,3 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 2,65 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che tale casistica si riscontra esclusivamente in **aree interne al parco fotovoltaico**, pertanto è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo

conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

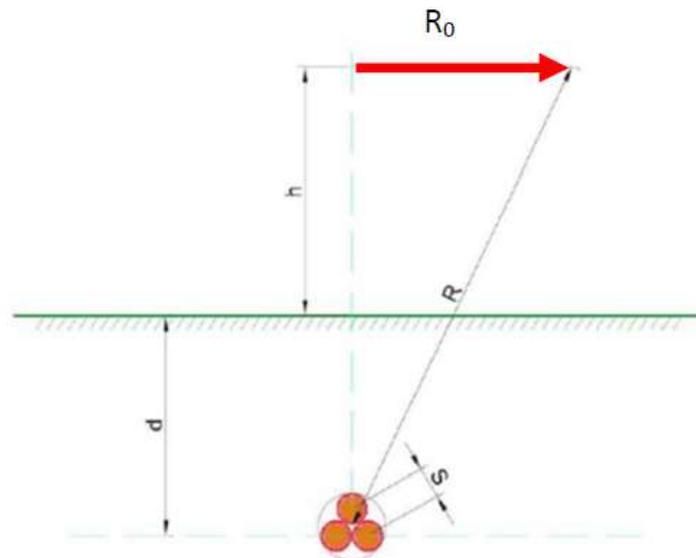
Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

7.7 CASO 6 – 1 TERNA DI CAVI AT – POSA A 1,60 M

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di alta tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 1,60 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μ T.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

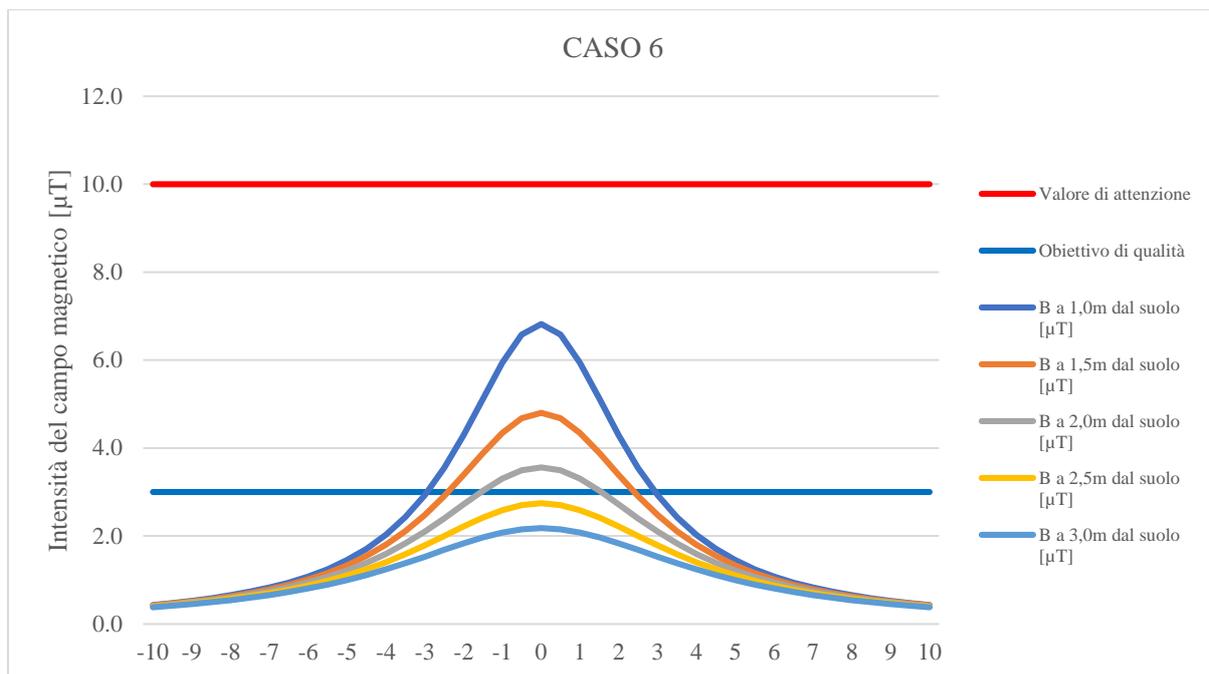
Profondità di posa dei cavi	-1,60 m.
Distanza terna dall'asse y	0 m.
Sezione terna	3x1x1.600 mm ²
Portata nominale cavo	1.303 A
Portata corretta cavo	1.176 A

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 1.600 mm², ossia il caso peggiore presente in progetto. Per semplicità di calcolo, si assumerà anche per i cavi di sezione inferiore, ossia pari a 500 mm², la medesima fascia di rispetto.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui alla relazione di calcolo elettrico, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della eventuale compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B a 1,0m dal suolo [μ T]	B a 1,5m dal suolo [μ T]	B a 2,0m dal suolo [μ T]	B a 2,5m dal suolo [μ T]	B a 3,0m dal suolo [μ T]
-10,0	0,432	0,420	0,408	0,395	0,380
-9,5	0,475	0,462	0,447	0,431	0,414
-9,0	0,525	0,509	0,491	0,471	0,451
-8,5	0,583	0,563	0,541	0,518	0,493
-8,0	0,651	0,626	0,599	0,570	0,541
-7,5	0,731	0,700	0,666	0,631	0,595
-7,0	0,827	0,786	0,744	0,700	0,657
-6,5	0,940	0,889	0,835	0,780	0,727
-6,0	1,078	1,011	0,941	0,873	0,806
-5,5	1,245	1,156	1,067	0,979	0,897
-5,0	1,451	1,332	1,214	1,102	0,998
-4,5	1,706	1,544	1,388	1,244	1,113
-4,0	2,025	1,800	1,591	1,405	1,240
-3,5	2,424	2,108	1,828	1,586	1,380
-3,0	2,924	2,477	2,099	1,786	1,528
-2,5	3,543	2,906	2,399	1,999	1,681
-2,0	4,283	3,386	2,718	2,215	1,832
-1,5	5,115	3,886	3,030	2,418	1,969
-1,0	5,939	4,344	3,302	2,588	2,080
-0,5	6,575	4,674	3,489	2,702	2,153
0,0	6,818	4,796	3,556	2,742	2,178
0,5	6,575	4,674	3,489	2,702	2,153
1,0	5,939	4,344	3,302	2,588	2,080
1,5	5,115	3,886	3,030	2,418	1,969
2,0	4,283	3,386	2,718	2,215	1,832
2,5	3,543	2,906	2,399	1,999	1,681
3,0	2,924	2,477	2,099	1,786	1,528
3,5	2,424	2,108	1,828	1,586	1,380
4,0	2,025	1,800	1,591	1,405	1,240
4,5	1,706	1,544	1,388	1,244	1,113
5,0	1,451	1,332	1,214	1,102	0,998
5,5	1,245	1,156	1,067	0,979	0,897
6,0	1,078	1,011	0,941	0,873	0,806
6,5	0,940	0,889	0,835	0,780	0,727
7,0	0,827	0,786	0,744	0,700	0,657
7,5	0,731	0,700	0,666	0,631	0,595
8,0	0,651	0,626	0,599	0,570	0,541
8,5	0,583	0,563	0,541	0,518	0,493
9,0	0,525	0,509	0,491	0,471	0,451
9,5	0,475	0,462	0,447	0,431	0,414
10,0	0,432	0,420	0,408	0,395	0,380



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpesio, pari a $6,818 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 3,0 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,92 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 1 terna AT (caso 6), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 6,0 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 3,0 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che tale casistica si ricontra esclusivamente **nelle prossimità alla SE della RTN**, nella linea AT condivisa con l'operatore Alleans Renewable, pertanto è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 20-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotti non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

7.8 RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI INTERRATI

La tabella che segue mostra un riepilogo delle DPA dagli elettrodotti interrati MT ed AT, calcolate come meglio specificato nei paragrafi precedenti.

CASO	TENSIONE	TIPOLOGIA	SEZIONE CAVI	DPA
Caso 1	30 kV	1 Terna MT Interno al parco	50 – 185 – 630 mm ²	0,00 m
Caso 2	30 kV	2 Terne MT Interno al parco	50 – 185 – 630 mm ²	1,55 m
Caso 3	30 kV	3 Terne MT Interno al parco	185 – 630 mm ²	1,60 m
Caso 4	30 kV	5 Terne MT Interno al parco	185 – 630 mm ²	2,40 m
Caso 5	30 kV	6 Terne MT Interno al parco	630 mm ²	2,65 m
Caso 6	150 kV	1 Terna AT Esterno al parco	500 – 1.600 mm ²	3,00 m

8 CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE

La sottostazione di trasformazione AT/MT 150/30 kV è una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SEU 150/30 kV, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Sbarre A.T. a 150 kV in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., trasformatori A.T./M.T., apparecchiature in B.T., ecc.), sono state giudicate non

significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

Trattandosi di una cabina primaria isolata in aria, il D.M.29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, in quanto le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire dal centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT;
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione. Una porzione minore della fascia di rispetto ricade invece sulla viabilità di accesso alla medesima SEU, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

9 CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAL PARCO FOTOVOLTAICO

Le principali componenti del parco fotovoltaico che risultano essere fonte di campi elettromagnetici sono le Smart Transformer Station (cabine di campo), al cui interno è presente il trasformatore MT/BT ed i quadri BT ed MT.

Le sorgenti operano con correnti e tensioni di esercizio tali che i campi elettromagnetici prodotti risultano estinti nell'arco di pochi metri dalle sorgenti. Considerato inoltre il sito di installazione, all'interno del parco fotovoltaico e molto distanti dal perimetro dello stesso, ne consegue che ai fini della verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità su possibili recettori, si possa considerare nullo l'effetto di tali sorgenti.

Per quanto riguarda gli inverter, il progetto prevede l'utilizzo di prodotti conformi alla normativa CEM, ed in particolare alle norme EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, EN 62103, EN 50178, FCC Part15, AS 3100.

Inoltre, la struttura metallica entro la quale tali apparecchiature sono collocate, funge da ulteriore schermatura per i campi elettrici, attenuandone ulteriormente l'intensità.

A maggior tutela, si ricorda le Smart Transformer Station sono poste, rispetto alle abitazioni e agli edifici civili in cui vi sia una permanenza prolungata, ad una distanza tale da poter considerare l'entità dei campi elettromagnetici generati assolutamente insignificante.

9.1 SMART TRANSFORMER STATION

Relativamente alle Smart Transformer Station, assimilabili a cabine secondarie di trasformazione, sono state individuate le distanze di prima approssimazione secondo quanto indicato dalle linee guida ENEL già citate, ed in particolare all'allegato B10 della guida e alle formule di calcolo contenute nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008.

In particolare, la DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (X), ossia conduttore più isolante.

La relazione da applicare è la seguente:

$$DPA = 0,40942 \times X^{0,5241} \times \sqrt{I}$$

Considerando il trasformatore in progetto della taglia di 6.000 kVA, il valore di I da prendere in considerazione è pari a circa 4.330 A alla tensione di 800 V.

Supponendo per i cavi in uscita dal trasformatore la sezione 630 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi FG16M16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno X risulta essere pari a 33 mm.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 4,50 m.

Pertanto, relativamente alle Power Station, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 4,50 m da, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

9.2 CABINA PRINCIPALE DI IMPIANTO MTR

Relativamente alla cabina principale di impianto o Main Technical Room, denominata MTR, si fa notare come tale cabina secondaria consista in una cabina di smistamento e non di trasformazione.

Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la DPA (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei capitoli precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

Pertanto, relativamente alla cabina MTR, si considererà quale fascia di rispetto quella pari a quella derivante dagli elettrodotti in ingresso, ed in particolare il caso 5, che prevede una DPA pari a 2,65 m.

10 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro

	Committente: PV HELIOS S.R.L.	Data: Ottobre 2021
--	---	------------------------------

normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

- **Elettrodotti:**

Sono state individuate differenti casistiche, in funzione del numero di terne parallele posate all'interno della stessa sezione di scavo, della profondità di posa e della tensione di esercizio, e per ciascuna di esse è stata determinata la DPA corrispondente. In tutti i casi, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno della carreggiata stradale lungo la quale giacciono i cavidotti, senza interferenze con luoghi da tutelare.

- **Sottostazione elettrica di utente:**

i campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità delle apparecchiature AT, ma trascurabili all'esterno dell'area della sottostazione. È stata individuata la fascia di rispetto, ricadente per lo più nelle aree di pertinenza della SEU e all'interno della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

- **Parco fotovoltaico:**

campi elettromagnetici legati alla presenza delle Power Station e alla Cabina MTR, per le quali sono state determinate le relative DPA. L'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno dell'area di parco fotovoltaico, senza interferenze con luoghi da tutelare.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa.