

22_20_PV_SUN_PER_AU_C1RE_2_00	MARZO 2023	RELAZIONE CEM - COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA	Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

OGGETTO:

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico La Pergola" della potenza di 42.646,32 kWp con storage della potenza di 20,58 MVA da realizzarsi nei Comuni di Paceco (TP) e Misiliscemi (TP).

COMMITTENTE:

CYANO ENERGY S.r.l.
Via Z.I. Lotto n.31
74020 San Marzano di S.G. (TA)

TITOLO:

C. PIANO TECNICO DELLE OPERE- IMPIANTO PER LA CONNESSIONE RS06REL0018A0
Relazione CEM - compatibilità elettromagnetica

PROJETTO engineering s.r.l.
società d'ingegneria

direttore tecnico
Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO



Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)
tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914
studio@projetto.eu
web site: www.projetto.eu P.IVA: 02658050733



SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA:
A4

SCALA:
/

ELAB.
RE.02

NOME FILE
RS06REL0018A0

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.1	NORMATIVA TECNICA.....	5
3	CAMPI ELETTROMAGNETICI	7
3.1	LIMITI DI RIFERIMENTO	7
4	ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9
4.1	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI	10
4.2	CABINE ELETTRICHE	13
5	CONCLUSIONI	14

1 PREMESSA

Il presente documento ha come oggetto la valutazione dei campi elettromagnetici relativi all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare da realizzarsi, nelle aree di pertinenza del Comune di Misiliscemi (TP) e Paceco (TP).

Di seguito saranno descritte le caratteristiche principali delle componenti dell'impianto in grado di produrre campi elettromagnetici significativi e sarà applicato quanto disposto dal vigente Decreto Ministeriale 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".



2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le leggi italiane, nazionali e regionali, prevedono che, in sede di progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica, si debbano applicare criteri specifici per tutelare la popolazione e i lavoratori dai possibili effetti dei campi elettrici e di induzione magnetica dispersi, individuando i livelli di riferimento per il conseguimento di questo obiettivo. La legislazione e le norme tecniche forniscono gli strumenti per l'analisi e la determinazione dei livelli attesi. Di seguito si elencano, suddivise per tipologia, le principali fonti normative e tecniche di riferimento.

- Legge 22.02.2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", GU SG n.55, 07.03.2001.
Rappresenta la legge di riferimento in materia di esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Stabilisce i compiti e gli ambiti di competenza dei diversi organismi dello Stato. Definisce i concetti e i criteri di riferimento quali la fascia di rispetto, intesa come la zona in cui "non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore", e l'obiettivo di qualità per i campi, inteso come il limite fissato "ai fini della progressiva miticizzazione dell'esposizione".
- DPCM 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti", GU SG n.200, 29.08.2003. Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001. Individua i limiti di esposizione in 5kV/m per il campo elettrico e 100 μ T per il campo di induzione magnetica, in termini di valori efficaci. Precisa il concetto di obiettivo di qualità fissandone il valore per il campo di induzione magnetica in 3 μ T, in termini di valore efficace. Non si applica ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
- Decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", SO GU n.156, 05.07.2008. Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001 ai fini della determinazione delle metodologie di calcolo dei campi di induzione magnetica. Introduce il concetto di Distanza di prima Approssimazione (DpA) che, rappresentando una approssimazione della "fascia di rispetto", individua, sul terreno, una fascia all'esterno della quale è sicuramente garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità.
- D.Lgs. 19.11.2007 n. 257 "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)", GU SG n.9, 11.01.2008. Costituisce la normativa di riferimento in materia per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori esposti per ragioni professionali ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici. La direttiva 2004/40/CE mira ad introdurre misure di protezione dei lavoratori contro i rischi associati ai campi elettromagnetici, creando per tutti i lavoratori una piattaforma

minima di protezione che eviti possibili distorsioni di concorrenza. La direttiva non riguarda, tuttavia, gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, per cui mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità. Nella direttiva si precisa anche che la riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici può essere realizzata in maniera più efficace attraverso l'applicazione di misure preventive fin dalla progettazione dei posti di lavoro, nonché attraverso la scelta delle attrezzature, dei procedimenti e metodi di lavoro.

La direttiva precisa, inoltre, che l'aderenza ai valori limite introdotti dovrebbe fornire un elevato livello di protezione rispetto agli effetti accertati sulla salute, ma non evita necessariamente i problemi di interferenza o effetti sul funzionamento di dispositivi medici quali protesi metalliche, stimolatori cardiaci e defibrillatori, impianti cocleari ed altro tipo; problemi di interferenza specialmente con gli stimolatori cardiaci possono verificarsi anche per valori inferiori ai valori limite ed esigono, quindi, appropriate precauzioni e misure protettive.

In sintesi, la direttiva 2004/40/CE:

- Stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 a 300 GHz) durante il lavoro (art. 1);
 - Riguarda gli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto (art. 2);
 - Non riguarda effetti ipotizzati a lungo termine (art. 3);
 - Non riguarda i rischi risultanti da contatto con i conduttori in tensione. La direttiva introduce due tipologie di valori limite (art. 2);
 - I valori limite di esposizione, basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti;
 - I valori di azione, ossia l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella presente direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.
- D.Lgs. 09.04.2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", GU SG n.101, 30.04.2008. È il Testo Unico per la sicurezza. Al capo IV "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici" viene trattata la tematica dell'esposizione dei lavoratori. Agli allegati XXXVI, lettera A, tabella 1 e XXXVI, lettera B, tabella 2. Sono rispettivamente riportati i limiti di esposizione e i valori di azione, in perfetta analogia con la Direttiva 2004/40/CE.

- Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", GU SG n.79, 05.04.1988.

Costituisce la norma tecnica attuativa del Decreto Ministeriale 21 marzo 1988 n. 339. Riporta la classificazione delle linee elettriche aeree esterne e le indicazioni tecniche per la loro costruzione e il loro esercizio.

2.1 NORMATIVA TECNICA

- CEI 106-11 Fasc.8149 2006-02 "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".

La metodologia di calcolo illustrata nella guida è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee elettriche aeree o in cavo interrato. Nella Guida vengono presentate anche alcune formule analitiche semplificate che, per le distanze di interesse, forniscono risultati in buon accordo con quelli ottenibili con l'algoritmo normalizzato. La metodologia può essere applicata per qualsiasi livello di riferimento dell'induzione magnetica, ma, in considerazione dell'applicazione del DPCM 8 luglio 2003, le esemplificazioni riportate sono soprattutto sviluppate con riferimento ad un valore di induzione magnetica pari all'obiettivo di qualità di 3 μ T di cui all'art. 4 del DPCM stesso, considerando la portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto dichiarata dal gestore (Articolo 6 del DPCM) in forma parametrica come "corrente di riferimento". Con l'ausilio della metodologia di calcolo illustrata nella guida, la fascia di rispetto viene determinata come "lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità" inteso come 3 μ T per il valore efficace di induzione magnetica.

- CEI 211-4 Fasc.9482 2008-09 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche". La Guida ha lo scopo di fornire gli elementi fondamentali per il calcolo dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz generati da linee, aeree e in cavo, e da cabine e stazioni elettriche. Essa è una revisione della Guida CEI 211-4:1996, per integrarla con metodi di calcolo del campo magnetico applicabili a molte situazioni di interesse pratico non coperte dalla precedente edizione; fornisce inoltre indicazioni generali sulle metodologie disponibili per il calcolo del campo elettrico. La Guida CEI 211-4:1996 era stata infatti redatta per formulare un metodo di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati dalle linee elettriche aeree, che coprisse i casi di maggiore interesse riscontrabili in pratica per tali linee. Non era però applicabile a tutte le geometrie

di linee aeree e in cavo e alle stazioni elettriche perché i metodi esposti nella suddetta precedente edizione, sviluppati limitatamente a geometrie bidimensionali, restavano applicabili soltanto alle linee, aeree e in cavo, nell'intorno delle quali i conduttori potevano essere considerati paralleli tra di loro e rispetto alla superficie del terreno (perlomeno per un tratto sufficientemente lungo rispetto alle distanze tra i conduttori stessi). Definisce i simboli e le formule e le procedure da utilizzare negli schemi di calcolo.

- CEI 11-17 Fasc.8402 2006-07 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

La norma si applica alle linee in cavo per la produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica a bassa, media ed alta tensione; si applica altresì alle linee in cavo per impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua, quando non esistano Norme in merito. La Norma ha lo scopo di fornire prescrizioni necessarie alla progettazione, all'esecuzione, alle verifiche e all'esercizio delle linee di energia in cavo a corrente sia alternata sia continua, nuove ed alle loro trasformazioni radicali. La presente Norma non si applica alle linee aeree in cavo per esterno, che sono oggetto della Norma CEI 11-4. Detta gli elementi per il calcolo della "portata in regime permanente" da utilizzare nei calcoli delle fasce di rispetto.

- CEI 11-4 Fasc.4644 C 1998-09 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne". La Norma tratta le linee elettriche aeree esterne. Essa si applica altresì alle linee situate in zone sismiche e tiene luogo integralmente delle disposizioni tecniche ed amministrative di cui alle leggi n. 1684 del 25.11.1962 e n. 64 del 2.2.1974. La Norma è stata pubblicata come regolamento di esecuzione della legge 28 giugno 1986, n. 339, con Decreto Ministeriale 21 marzo 1988, sul supplemento della Gazzetta Ufficiale n. 79 del 5 aprile 1988.

3 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Le linee elettriche durante il loro normale funzionamento generano 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, 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 è sempre garantito indipendentemente dalla distanza dall'elettrodotto. Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la vicinanza dei conduttori delle tre fasi di alimentazione rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto.

In generale le linee di connessione generano, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali.

I cavidotti in progetto utilizzano un sistema di cavi elicordati, tale sistema è vantaggioso dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico, in particolare nella sezione di calcolo si ha una profondità di posa minima di 1,2 metri e valore di corrente riportato di seguito.

3.1 LIMITI DI RIFERIMENTO

In tabella si riportano i valori di azione per diverse grandezze:

Tabella 1 | Valori di azione

INTERVALLO DI FREQUENZA	INTENSITA' DEL CAMPO ELETTRICO (V/m)	INTENSITA' DEL CAMPO MAGNETICO (A/m)	INDUZIONE MAGNETIC A (μ T)	DENSITA' DI POTENZA DELL'ONDA PIANA EQUIVALENTE S_{eq} (W/m^2)	CORRENTE DI CONTATTO I_c (mA)	CORRENTE INDOTTA ATTRAVERSO GLI ARTI I_L (mA)
0 - 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	-	1,0	-
1 - 8 Hz	20.000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	-	1,0	-
8 - 25 Hz	20.000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	-	1,0	-
0,025 - 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	-	1,0	-
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-

Considerando l'impianto a corrente alternata con valore di frequenza $f=0,050$ kHz, risultano i seguenti valori di riferimento per l'esposizione dei lavoratori:

- intensità del campo elettrico: 10 kV/m;
- intensità del campo di induzione magnetica: 500 μ T.

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico La Pergola" della potenza di 42.646,32 kWp con storage della potenza di 20,58 MVA da realizzarsi nei Comuni di Paceco (TP) e Misiliscemi (TP).

Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione (art. 207DLgs 81/2008). A seguito della valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici, qualora risulti che siano superati i valori di azione, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati. Il valore massimo della tensione di esercizio presente nell'impianto è tale che i corrispondenti limiti di esposizione al campo elettrico (10kV/m) sono raggiunti a distanze dai conduttori già reclusi all'accesso.

Si dovrà pertanto garantire il rispetto del limite di azione di 500 μ T per il campo di induzione magnetica, relativamente alle aree il cui accesso è limitato al personale esposto per ragioni professionali.



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. OHS97

4 ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ogni sottocampo è costituito da più pannelli fotovoltaici fra loro interconnessi che producono energia elettrica da fonte solare in corrente continua e a bassa tensione. Come tali, non sono in grado di produrre un campo elettrico e magnetico significativo per generare disturbi alla salute umana in quanto ampiamente al di sotto del valore di qualità. Infatti, secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 (paragrafo 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree); in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Pur avendo appurato che le linee in cavo interrato elicordato producono effetti elettromagnetici trascurabili, sarà verificata l'ampiezza del campo di induzione al fine di escludere eventuali situazioni di pericolo elettromagnetico.

Le cabine di trasformazione e raccolta sono collocate all'interno del campo fotovoltaico, le apparecchiature saranno accessibili solo al personale tecnico autorizzato. La valutazione delle fasce di rispetto ai fini dell'esposizione della popolazione, sarà condotta applicando la metodologia del DM 29.05.2008 da cui si ricavano i valori delle Distanze di Prima Approssimazione (Dpa)

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento delle cabine di trasformazione alle cabine di raccolta, sia per la connessione di queste ultime alla Stazione Elettrica RTN, saranno del tipo schermato, con conduttore in alluminio, con formazione a trifoglio e idonei alla posa interrata.

Quindi il fenomeno dei campi elettromagnetici è sostanzialmente associato alle linee di distribuzione di energia e al funzionamento dei trasformatori di tensione posti nelle cabine elettriche a servizio dell'impianto.

Trattandosi di impianti che operano a bassa frequenza (50 Hz) rientrano nel campo di applicazione del D.P.C.M. 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. Tale Decreto, ha fissato i limiti di esposizione a campi elettrici (5 kV/m) e magnetici (3 μ T obiettivo di qualità) generati dalle linee elettriche a frequenza di rete. I limiti devono essere applicati a quelle situazioni in cui si prevede la presenza di persone in prossimità della sorgente, per un periodo superiore alle quattro ore giornaliere; il limite inoltre non si applica a quelle figure professionali che

Progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Impianto Agrivoltaico La Pergola" della potenza di 42.646,32 kWp con storage della potenza di 20,58 MVA da realizzarsi nei Comuni di Paceco (TP) e Misiliscemi (TP).

devono operare in prossimità della sorgente. Per tali figure professionali, si applicano le norme ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) e dalla direttiva 2004/40/CE, i cui limiti sono fissati in 500 µT. Inoltre si evidenzia che applicando le medesime restrizioni previste dalla normativa a vantaggio della sicurezza, i limiti devono comunque essere applicati nei confronti della popolazione e per periodi di permanenza superiori alle 4 ore.

Nel caso in esame, tutti i locali tecnici sono realizzati a diversi metri di distanza dalla strada (la fascia di rispetto è sempre riconducibile a pochi metri). Pertanto si può ipotizzare che la permanenza di persone in prossimità dell'area di intervento, per un periodo di esposizione prossimo alle quattro ore, sia una condizione difficilmente riscontrabile nella realtà.

10

4.1 CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI

Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software "MoE" (Monitoraggio Elettrodotti) v.1.0 sviluppato dal CESI – Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano - utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

Il programma applicativo "MoE", svolge una serie di funzioni che, partendo dai dati di input, consentono di ottenere i valori dell'induzione magnetica in corrispondenza dei punti di interesse mediante la definizione dei parametri geometrici dell'elettrodotti e il suo stato di funzionamento.

I tratti di interconnessione delle cabine di trasformazione, cabine di raccolta e della connessione alla Stazione Elettrica RTN, saranno realizzati mediante cavi tipo HEPRZ1 e RHZ1-20L 26/45 kV. I cavi saranno unipolari ad elica visibile con conduttori in alluminio, interrati ad una profondità minima di 1,20 m dal p.c. e protetti meccanicamente con tubazione di diametro interno di 200 mm .

Per Dpa delle linee AT si intende la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea tale da garantire che ogni punto si trovi all'esterno delle fasce di rispetto: in questo caso, la Dpa sarà il raggio della base della superficie cilindrica di cui sopra. Si precisa che le Dpa costituiscono la rappresentazione bidimensionale delle fasce di rispetto che, nella sopracitata metodologia, sono definite come una superficie cilindrica (quindi tridimensionale).

Per il calcolo delle Dpa si fa riferimento alla guida CEI 106-11 (come indicato al par. 5.1.3 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" di cui al DM 29/05/2008) e, in particolare, alla seguente formula relativa a linee interrate con cavi unipolari posati a trifoglio:

$$D = 0,495 \cdot (I \cdot S / B)^{0,5}$$

dove:

- B = campo magnetico (valore limite di riferimento);
- I = portata di corrente della linea;
- S = distanza tra i conduttori (diametro del cavo unipolare che forma una fase);
- D = distanza di riferimento o di calcolo.

Nei tratti in cui si verifica la coesistenza di due linee di collegamento che si sviluppano sullo stesso percorso, il relativo valore di Dpa è stato calcolato tenendo conto che i campi magnetici generati da ciascuna linea si sovrappongono, determinando valori di induzione magnetica che, in ogni punto dello spazio, risultano pari alla somma vettoriale dei singoli campi. All'interno dello spazio compreso fra le due linee, infatti, i campi magnetici hanno verso opposto e, pertanto, si sottraggono, mentre all'esterno hanno lo stesso verso e, dunque, si sommano. Assumendo, a favore della sicurezza, che la distanza fra le due linee sia nulla e utilizzando la stessa nomenclatura di cui sopra, si ha che, in ogni punto, il valore della distanza di prima approssimazione è dato da:

$$D = 0,495 * [(I_{L1} * S_{L1} / B) + (I_{L2} * S_{L2} / B)]^{0,5}$$

Nella seguente tabella si riportano i risultati del calcolo dell'intensità del campo magnetico generato dalle linee elettriche in 36 kV considerando la posa a trifoglio dei conduttori, si fa presente che tali valori sono calcolati puntualmente nella condizione di massimo carico e in corrispondenza dell'asse del cavidotto alla quota di 0 m sul piano di campagna:

Tabella 2 | Valori del campo elettromagnetico generato dalle linee AT

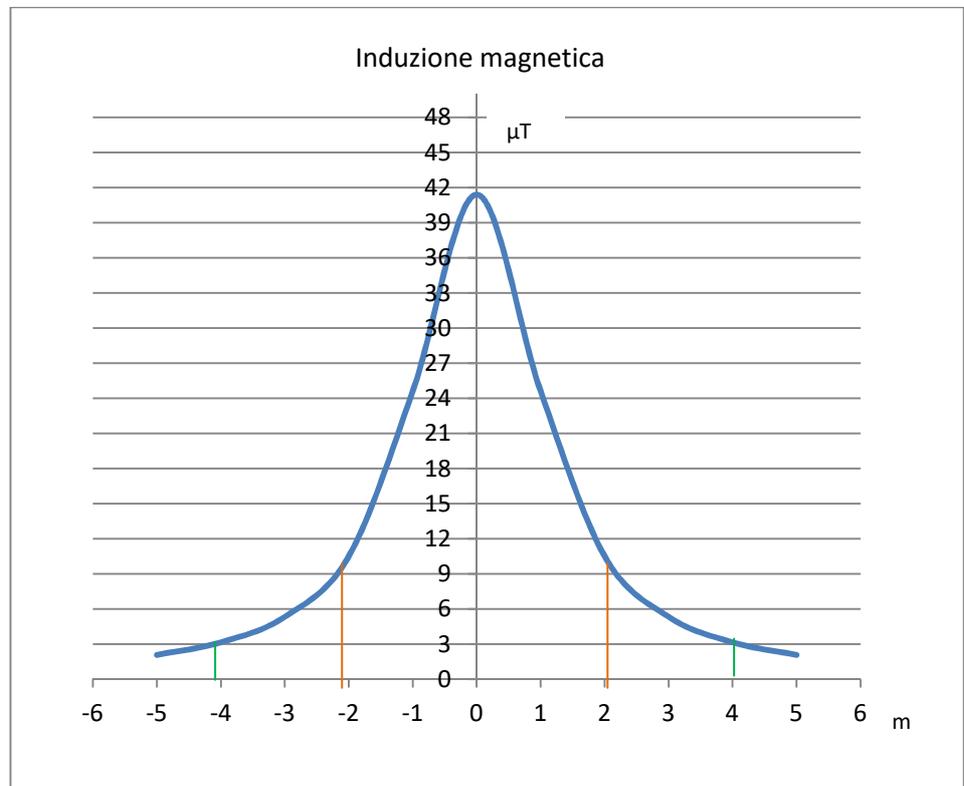
LINEE 36 kV		FORMAZIONE	TIPO	I [A]	B [μT]	DPA (m)
I.S._1.1	I.S._2.1	HEPRZ1 3x1x300	Al	86	0,773	0,57
I.S._2.1	MVC_03	HEPRZ1 3x1x300	Al	161	1,446	0,78
I.S._3.1	MVC_03	HEPRZ1 3x1x300	Al	19	0,171	0,27
MVC_03	MVC_04	HEPRZ1 3x1x300	Al	180	1,617	0,82
I.S._7.1	MVC_04	HEPRZ1 3x1x500	Al	266	2,834	1,08
I.S._4.1	MVC_04	RHZ1-20L 3x1x800	Al	378	5,039	1,43
I.S._4.2	MVC_04	HEPRZ1 3x1x300	Al	56	0,503	0,46
MVC_04	MVC_06	RHZ1-20L 2x3x1x800	Al	881	11,809	2,18
I.S._5.1	MVC_06	HEPRZ1 3x1x300	Al	37	0,332	0,37
I.S._6.1	MVC_06	HEPRZ1 3x1x300	Al	107	0,961	0,63
I.S._6.2	MVC_06	HEPRZ1 3x1x300	Al	107	0,961	0,63
Storage	MVC_06	HEPRZ1 3x1x500	Al	330	3,516	1,20
MVC_06	SE RTN	RHZ1-20L 2x(3x1x1000)	Al	1462	20,623	2,87

Dai risultati ottenuti si osserva che per la maggior parte delle linee AT risulta rispettato l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza del piano di campagna, invece per i cavidotti di connessione dell'area 4, 6, 7 e dello storage risulta rispettato il limite di azione di $500 \mu\text{T}$, tra queste ultime per le aree n. 4 e 7 si ottiene l'osservanza del limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$.

In riferimento al cavidotto che realizza la connessione dell'impianto agrivoltaico alla futura sezione in 36 kV della stazione elettrica RTN 220/150/36 kV di Fulgatore, si riporta di seguito la rappresentazione grafica del campo magnetico emesso dalla linea AT, il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ si ottiene alla distanza di circa 2 m dall'asse del conduttore elettrico, invece alla distanza di circa 4 m dalla mezzeria del cavidotto si raggiunge l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$.

Figura 1 | Rappresentazione grafica del campo elettromagnetico generato dal cavidotto MVC_06 – SE RTN

LINEA AT	
Distanza dall'asse del cavidotto (m)	B [μT]
-5	2,054
-4	3,137
-3	5,313
-2	10,491
-1	24,584
0	41,401
1	24,584
2	10,491
3	5,313
4	3,137
5	2,054



4.2 CABINE ELETTRICHE

Nelle stazioni di conversione e trasformazione sono presenti i trasformatori 36/0,69 kV da 5.379 kVA, le cabine di raccolta ospitano i trasformatori 36/0,4 kV per l'alimentazione dei servizi ausiliari, con potenza di 50 kVA.

Per la corrente di calcolo si fa riferimento (par. 5.2.1 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" di cui al DM 29/05/2008) alla "corrente nominale di bassa tensione in uscita dal trasformatore", corrispondente, in questo caso, alla corrente nominale sull'avvolgimento primario dei trasformatori dei servizi ausiliari e sull'avvolgimento secondario dei trasformatori di potenza.

In linea generale, la forma e le dimensioni della fascia di rispetto dipendono da numerosi fattori; tuttavia, in questo caso, è possibile adottare un approccio approssimato basato sulla Dpa come descritto al par. 5.2.1 della "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" di cui al DM 29/05/2008. Si precisa che la formula presentata di seguito fa riferimento a cabine elettriche e stazioni primarie (secondo gli attuali standard di riferimento nazionali), equipaggiate con trasformatori di taglia standardizzata (250-400-630 kVA) e relative ad infrastrutture di rete; pertanto si ritiene lecito estendere al caso in esame la validità di tale formula:

$$Dpa = 0,40942 * x^{0,5241 * |I|^{0,5}}$$

dove:

x = distanza tra le fasi pari al diametro complessivo dei cavi unipolari (conduttore + isolante);

I = corrente nominale di bassa tensione (corrente nominale lato BT di ciascuno dei trasformatori di potenza e del trasformatore dei servizi ausiliari).

Tabella 3 | Distanza di prima approssimazione per i locali tecnici con trasformatori AT/BT

POTENZA TR [kVA]	UTENZA	FORMAZIONE [mmq]	I [A]	x [m]	DPA [m]
5.379	Avvolgimento secondario	12x(4x1x240)	5681,96	0,0304	4,95
50	Servizi AUX	4x1x25	72,17	0,0132	0,36

5 CONCLUSIONI

I risultati del presente studio hanno permesso di effettuare una valutazione sull'elettrodotto in relazione ai limiti di qualità fissati in sede normativa per l'emissione elettromagnetica, inoltre è stato possibile determinare i valori delle distanze di prima approssimazione per le cabine e linee elettriche in progetto. Si precisa che la modesta entità dei campi elettromagnetici emessi è dovuta alla formazione del cavo utilizzato, la cui configurazione fa sì che i campi elettromagnetici prodotti da ciascun conduttore si compensino reciprocamente riducendone l'ampiezza. Per i locali tecnici è stata calcolata la fascia di rispetto, ovvero la superficie che delimita lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

14

Nella maggior parte dei casi le fasce di rispetto ricadono all'interno dell'area di impianto a cui l'accesso è consentito solo a personale specializzato ed in modo saltuario e non continuativo

Con riferimento al rischio di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete connessi al funzionamento e all'esercizio dell'impianto, si può riferire, che in base alla normativa di riferimento attuale, i valori limite di esposizione sono rispettati con le considerazioni e le valutazioni sopra esposte e con le tolleranze attribuibili al modello di calcolo adottato. Pertanto si può ritenere che la situazione connessa alla realizzazione ed all'esercizio dell'impianto fotovoltaico in progetto, nelle condizioni ipotizzate, risulta compatibile con i limiti di legge e con la salvaguardia della salute pubblica.