

ALBARUM S.r.l.

Via Privata Giovanni Bensi, n. 12/5

Milano 20152

P.Iva 04294740982

albarumsrl@legalmail.it



Head Quarter - North Italy:
Via A. Volta, 13
25010 San Zeno Naviglio (BS)

Field Office - Centre&South Italy
Via Enrico Mattei, 93 - Z.I. "A"
62012 Civitanova Marche (MC)

rpe@kbdev.it www.kbdev.it
P. Iva 03617590983

Impianto AGROVOLTAICO - Gildone (CB)

PROGETTO DEFINITIVO



0	08/2023	Emissione	SINTECNICA	SINTECNICA	Green Horse engineering
REV	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO



TITOLO						NOTE							
CALCOLO PRELIMINARE DPA													
IDENTIFICAZIONE ELABORATO													
F	V	G	I	L	D	E	I	M	R	0	3	6	FORMATO
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO	A4							

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2.1. NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE	4
2.2. NORME DI RIFERIMENTO PER LA MEDIA TENSIONE.....	5
2.3. NORME DI RIFERIMENTO PER L'ALTA TENSIONE	5
2.4. ASPETTI NORMATIVI	7
2.4.1. DEFINIZIONI E UNITÀ DI MISURA	7
2.5. ASPETTI NORMATIVI E DI RIFERIMENTO.....	7
3. CALCOLO DELLE DPA	9
3.1. CALCOLO DELLE DPA DELLE CABINE ELETTRICHE	9
3.1.1. DPA DELLE CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE BT/MT	10
3.2. CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE.....	10
3.2.1. SCHEMATIZZAZIONE DEI TRACCIATI AI FINI DEL CALCOLO DELLE DPA	10
3.2.2. METODOLOGIE DI CALCOLO	10

1. PREMESSA

Lo scopo di questa relazione tecnica è presentare un calcolo preliminare degli impianti elettrici e dell'impianto di terra relativo all'impianto agrivoltaico di produzione di energia da fonte solare, di potenza di picco complessiva pari a 26,628 MWp, sito nel comune di Gildone, provincia di Campobasso – Regione Molise.

L'impianto in progetto è denominato:

NUOVO IMPIANTO "FOTOVOLTAICO GILDONE" ubicato in località Gildone - CAMPOBASSO (MOLISE / ITALIA) della potenza complessiva di 26,628 MWp.

Il progetto rientra nelle azioni relative alla produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili, nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili e della riduzione dei gas climalteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia, le leggi italiane e i dispositivi di incentivazioni nazionali.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con una Stazione Elettrica (SE) a 150/36 kV della RTN inserita in entra-esce sulla direttrice RTN 150 kV "CP Campobasso – CP Cercemaggiore - Castelpagano".

L'impianto sarà suddiviso in 8 sottocampi che si estendono per circa 42,53 ha: ad ognuno di essi sarà associata una cabina di trasformazione MT/BT (Power Station), con una potenza nominale pari a 4000 kVA.

La distribuzione MT interna all'impianto sarà 30 kV con 4 linee in partenza dalla cabina generale MT verso i vari sottocampi. All'esterno della cabina MT generale sarà posizionata la SSE utente, la quale comprende il trasformatore elevatore 30/36 kV e tutti gli elementi di protezione, misura e sezionamento necessari al collegamento alla RTN. Tale collegamento sarà realizzato attraverso una linea di lunghezza circa 4,6km in cavo AT 36 kV.

Di seguito viene riportata la configurazione dell'impianto:

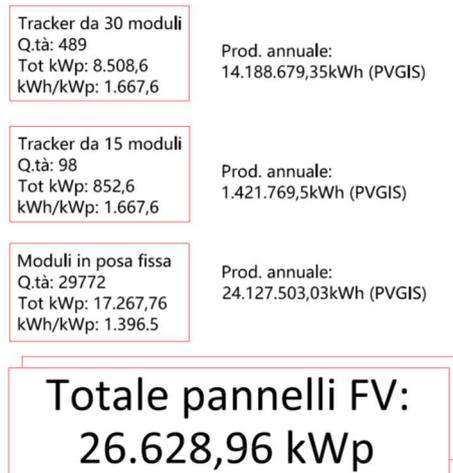


Figura 1 - Tipologia strutture

Riguardo gli impatti elettromagnetici qui in esame – si esporranno nel seguente documento:

- calcolo delle DPA (Distanza di Prima Approssimazione) relativa alle cabine di trasformazione MT/BT con relative considerazioni e dati utili per la verifica nel quale siano indicate: corrente nominale di bassa tensione del trasformatore espressa in Ampere, diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore;
- calcolo della DPA della cabina di consegna in media tensione con relative considerazioni e dati utili per la verifica;
- calcolo della DPA relativa alle linee in media tensione interrato con indicazione dei dati utili per la verifica previsti dalla normativa vigente.

Nei successivi capitoli si riportano gli aspetti normativi di riferimento per i campi elettrico e magnetico e i calcoli condotti per la stima delle DPA.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1. NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE

CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 11-20 IV Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.

CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.

IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.

CEI 11-28 1993 I Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.

CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.

CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 I Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.

CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.

CEI 64-8 VII Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.

IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.

IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.

CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).

CEI UNEL 35023 2012: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.

CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).

CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

2.2. NORME DI RIFERIMENTO PER LA MEDIA TENSIONE

CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.

CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.

CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.

CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.

CEI 17-1 VII Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.

CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.

IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

IEC 61892-4 I Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

2.3. NORME DI RIFERIMENTO PER L'ALTA TENSIONE

CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09

CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06

CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", prima edizione, 1996-07

CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01

CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997-12

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", prima edizione, 2006-02

CEI 11-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", nona edizione, 1999-01

CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi", terza edizione, 1997

CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V", prima edizione, 1998

CEI 57-2, "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata", seconda edizione, 1997

CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate", prima edizione, 1998

CEI 64-2, "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione" quarta edizione", 2001

CEI 64-8/1, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua", sesta edizione, 2007

CEI EN 50110-1-2, "Esercizio degli impianti elettrici", prima edizione, 1998-01

CEI EN 60076-1, "Trasformatori di potenza", Parte 1: Generalità, terza edizione, 1998

CEI EN 60076-2, "Trasformatori di potenza Riscaldamento", Parte 2: Riscaldamento, terza edizione, 1998

CEI EN 60137, "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V", quinta edizione, 2004

CEI EN 60721-3-4, "Classificazioni delle condizioni ambientali", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie, seconda edizione, 1996

CEI EN 60721-3-3, "Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie, terza edizione, 1996

CEI EN 60068-3-3, "Prove climatiche e meccaniche fondamentali", Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature, prima edizione, 1998

CEI EN 60099-4, "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata", Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata, seconda edizione, 2005

CEI EN 60129, "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V", 1998

CEI EN 60529, "Gradi di protezione degli involucri", seconda edizione, 1997

CEI EN 62271-100, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione, sesta edizione, 2005

CEI EN 62271-102, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione, prima edizione, 2003

CEI EN 60044-1, "Trasformatori di misura", Parte 1: Trasformatori di corrente, edizione quarta, 2000

CEI EN 60044-2, "Trasformatori di misura", Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi, edizione quarta, 2001

CEI EN 60044-5, "Trasformatori di misura", Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi, edizione prima, 2001

CEI EN 60694, "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione", seconda edizione 1997

CEI EN 61000-6-2, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali, terza edizione, 2006

CEI EN 61000-6-4, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-4: Norme generiche – Emissione per gli ambienti industriali, seconda edizione, 2007

UNI EN 54, "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio", 1998

UNI 9795, "Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio", 2005

2.4. ASPETTI NORMATIVI

2.4.1. DEFINIZIONI E UNITÀ DI MISURA

I campi elettrico e magnetico costituiscono le cosiddette radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti.

In generale, nel caso di fenomeni variabili nel tempo, i due campi non sono indipendenti, ma dipendono l'uno dall'altro.

Tuttavia, nel caso di frequenze basse o bassissime (come quella industriale, a 50 Hz) già a distanze trascurabili dall'emittente i due campi sono sostanzialmente indipendenti.

I campi elettrici e magnetici a 50 Hz si comportano come due agenti fisici separati la cui presenza si fa risentire in una regione dello spazio molto vicino alla sorgente i cui effetti devono essere analizzati separatamente.

Il campo elettrico (E) dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m).

Il campo magnetico (H) dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente.

La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m) ma è anche espressa in termini di una grandezza corrispondente: l'induzione magnetica indicata con la lettera B che si misura in tesla (T) e nei suoi sottomultipli: il millitesla (mT), un millesimo di tesla ed il microtesla (μ T), un milionesimo di tesla.

L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea, e aumenta al crescere della tensione. Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto dalla linea di data tensione, si mantiene costante. Hanno influenza sul campo elettrico, oltre alla tensione, anche la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori. Nel caso di linee elettriche realizzate mediante cavi isolati e schermati (come nel caso di linee elettriche interrate) o per componenti elettrici presenti all'interno di cabine, che quindi fanno da effetto schermante (come ad esempio i trasformatori, gli inverter e i quadri elettrici), il campo elettrico all'esterno dello schermo è teoricamente nullo e praticamente insignificante (spesso non misurabile), sempre di ordine di grandezza inferiore rispetto ai limiti di legge già per distanze dal cavo dell'ordine dei decimetri. Il campo elettrico non è quindi una grandezza pertinente nel caso in esame.

2.5. ASPETTI NORMATIVI E DI RIFERIMENTO

La prima legge emanata in Italia è stata il DPCM 23/04/1992 "Limiti massimi di esposizione dei campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", che oltre a fissare limiti di esposizione ambientali ai campi elettrico e magnetico emessi alla frequenza di rete da linee elettriche ad alta tensione (132, 220 e 380 kV) ed impianti di trasformazione, fissa le distanze minime degli edifici.

L'articolo 4 fissa i limiti di esposizione pari a 5.000 V/m e 0,1 millitesla (100 microtesla), rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di campo magnetico.

Tali limiti fanno riferimento ai soli effetti acuti (a breve termine) ma non agli effetti cronici (a lungo termine).

Per linee a tensione inferiore vale l'articolo 2.1.08 del Decreto Ministeriale 16 gennaio 1991 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".

Negli anni successivi si sono succedute diverse leggi in materia che entravano più nel dettaglio sull'intensità di campo elettromagnetico a bassa ed alta frequenza. La protezione dalle radiazioni è garantita in Italia dalla "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" del 22 Febbraio 2001 n.36, che definisce:

esposizione, la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;

- limite di esposizione, il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori [...omissis...];
- valore di attenzione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...omissis...];
- obiettivi di qualità: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato [...omissis...] ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μT)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

Tabella 1 - Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

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

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 µT del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

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

Altro materiale di riferimento tecnico-normativo è costituito da:

- la Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15/11/2004 "Protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Determinazione fasce di rispetto";
- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- 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".

3. CALCOLO DELLE DPA

Nel seguito si forniscono delle stime delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA) delle cabine elettriche di impianto (cabine di trasformazione MT/BT e cabina di consegna MT) e degli elettrodotti in media tensione di connessione alla sottostazione elettrica da 36 kV.

Le stime sotto riportate sono state valutate per la sola fase di esercizio dell'impianto. In fase di cantiere e in fase di dismissione, l'assenza di passaggio di corrente elettrica comporterà emissioni elettromagnetiche nulle.

Inoltre si prevede che le macchine operatrici che verranno utilizzate sia durante le attività di cantiere che quelle di dismissione non rappresentino una fonte di radiazioni, pertanto in queste fasi non ci sarà un apporto aggiuntivo rispetto allo stato attuale.

3.1. CALCOLO DELLE DPA DELLE CABINE ELETTRICHE

La DPA per una cabina elettrica è intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa.

Per il calcolo delle DPA per le cabine elettriche è stata ripresa la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I} \quad (1)$$

Per le cabine secondarie di sola consegna in media tensione, come nel caso in esame della cabina di consegna di impianto, la DPA da considerare è quella della linea in media tensione entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una “box”, la DPA va calcolata con la formula di cui sopra.

3.1.1. DPA DELLE CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE BT/MT

I dati utilizzati per l'applicazione della formula (1), nel caso delle cabine elettriche di trasformazione BT/MT dell'impianto di Fiume Santo sono (*):

- diametro reale del cavo (x) pari a circa 29,2 mm;
- corrente nominale BT in uscita dal trasformatore pari a 3.608 A.

La DPA è quindi pari a circa 5,11m, all'esterno della quale il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

(*)

Si è fatto riferimento alla corrente in bassa tensione del trasformatore della taglia tipica commerciale di power station prevista a progetto.

3.2. CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE

3.2.1. SCHEMATIZZAZIONE DEI TRACCIATI AI FINI DEL CALCOLO DELLE DPA

In base al rispettivo percorso, alla tipologia di posa ed alla corrente di impianto cui sono deputati al trasporto, si è proceduto alla schematizzazione dei vari tratti di elettrodotto di connessione in media tensione.

Nei paragrafi che seguono il calcolo delle DPA per la linea in media tensione è stato effettuato nei seguenti casi:

per il cavidotto del tratto Cabina generale MT – power station 1+2;

per il cavidotto del tratto Cabina generale MT – power station 3+4;

per il cavidotto del tratto Cabina generale MT – power station 5+6;

per il cavidotto del tratto Cabina generale MT – power station 7+8 (effetto cumulativo).

3.2.2. METODOLOGIE DI CALCOLO

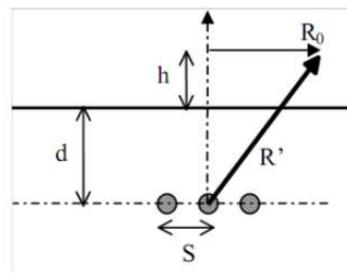
La stima delle DPA per l'elettrodotto in MT di connessione alla sottostazione elettrica è stata valutata mediante i due seguenti metodi, proponendo quindi, il valore superiore ottenuto per la rappresentazione grafica delle DPA e relative fasce di rispetto:

- metodo 1: formule di calcolo semplificate desunte dalla Norma CEI 106-11 e dall'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
- metodo 2: modello bidimensionale di calcolo sviluppato in conformità alle Norme CEI 106-11 e CEI 211-4. Nel seguito sono sinteticamente illustrate le due metodologie di calcolo sopra elencate per il calcolo della DPA delle linee elettriche di connessione in media tensione.

Metodo 1 – formule di calcolo semplificate

Per il calcolo della DPA per una linea elettrica interrata in cavo, possono essere utilizzate le seguenti formule indicate dalla Norma CEI 106-11 per le linee elettriche in cavo interrato in semplice terna e distinte tra cavi posati in piano e cavi posati a trifoglio:

- formula di calcolo semplificata per i cavi posati in piano;

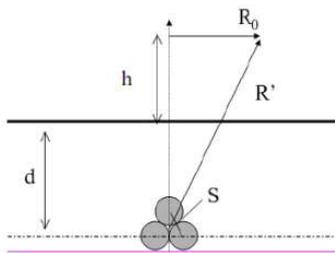


$$R_0 = \sqrt{0,115 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Dove:

- R_0 è la distanza dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore prefissato di $3 \mu\text{T}$;
- I è l'intensità di corrente espressa in Ampere;

- formula di calcolo semplificata per i cavi posati a trifoglio:



$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$

(3)

In caso di parallelismi, incroci tra linee o derivazioni e cambi di direzione, l'allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" riporta dei procedimenti semplificati di calcolo che permettono di individuare aree di prima approssimazione che hanno la medesima valenza delle DPA.

Purtroppo i procedimenti semplificati illustrati in tale norma non sono riconducibili al caso in esame per la valutazione delle aree di prima approssimazione corrispondenti al campo di induzione magnetica cumulato per il parallelismo tra elettrodotti di connessione, pertanto il campo cumulato è stato stimato solamente mediante il metodo 2 come sotto indicato.

Metodo 2 – modello bidimensionale

Secondo il DM 29 maggio 2008, possono essere utilizzati modelli tridimensionali o bidimensionali in accordo alle norme CEI 106-11 e CEI 211-4.

Il modello bidimensionale adottato nel presente documento, applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti supposte simmetriche ed equilibrate.

Il campo di induzione magnetica è quindi calcolato al livello del suolo ipotizzando cautelativamente una corrente pari a quella determinata dall'erogazione della potenza di picco, alla tensione nominale del cavidotto.

Sono inoltre considerate la profondità di posa dei cavi e la distanza degli stessi conduttori.

Tale modello bidimensionale permette di stimare il campo di induzione magnetica e quindi dedurre le DPA anche per i tratti di parallelismo degli elettrodotti.

In particolare le valutazioni sono state condotte calcolando i singoli campi di induzione magnetica indotti separatamente dai molteplici elettrodotti di connessione e poi sommando aritmeticamente il modulo (valore assoluto) dei campi indotti da ciascuno di essi.

Occorre evidenziare che questo metodo di calcolo e sovrapposizione degli effetti è estremamente cautelativo, in quanto a seconda delle condizioni di posa dei conduttori il modulo del campo risultante (somma vettoriale dei campi inducenti) potrebbe addirittura risultare minore del modulo di ciascuna delle linee elettriche considerate.

Applicazione del metodo 2 – modello bidimensionale

I dati utilizzati per l'applicazione del modello bidimensionale a questo caso sono riportati nella seguente tabella.

Collegamento da	Collegamento a	Tensione nominale [kV]	Distanza tra le fasi [mm]	Profondità dei cavi dal piano di calpestio [m]	Intensità di corrente [A]
Cabina generale MT	Power station 1+2	30	50	1,3	153,96
Cabina generale MT	Power station 3+4	30	50	1,3	153,96
Cabina generale MT	Power station 5+6	30	50	1,3	153,96
Cabina generale MT	Power station 7+8	30	50	1,3	153,96

Tabella 2 - riepilogo linee in media tensione

In particolare si evidenziano i casi dei cavidotti che verranno indagati in quanto di maggiore rilievo, oltre al caso di sovrapposizione degli effetti nel tratto terminale del tragitto alla cabina generale di media tensione, in cui due cavidotti sono posti nel medesimo percorso.

Nella seguente tabella si riporta la stima del campo di induzione magnetica indotto dall'elettrodoto di connessione che trasporta la potenza solo dell'impianto Fiume Santo.

Distanza dall'asse a livello del suolo (m)	Cavidotto Cabina generale MT/Power station 1+2 (μT)	Cavidotto Cabina generale MT/Power station 3+4 (μT)	Cavidotto Cabina generale MT/Power station 5+6 (μT)	Cavidotto Cabina generale MT/Power station 7+8 (μT)	Cabina generale MT/Power station (*) (μT) 1+2+3+4
1	30,792	30,792	30,792	30,792	61,584
2	15,40380907	15,40380907	15,40380907	15,40380907	30,80761815
3	10,26920605	10,26920605	10,26920605	10,26920605	20,5384121
4	7,701904537	7,701904537	7,701904537	7,701904537	15,40380907
5	6,16152363	6,16152363	6,16152363	6,16152363	12,32304726
10	3,080761815	3,080761815	3,080761815	3,080761815	6,16152363
20	1,540380907	1,540380907	1,540380907	1,540380907	3,080761815
30	1,026920605	1,026920605	1,026920605	1,026920605	2,05384121

Tabella 3 - Stima della induzione magnetica

I dati riportati in tabella evidenziano che in nessuno punto è superato il limite di esposizione di 100 μT .

L'obiettivo di qualità di 3 μT imposto per la protezione degli effetti a lungo termine è raggiunto:

- A circa 10 metri dall'asse della linea per tutti i cavidotti di media tensione;
- A circa 20 metri dall'asse della linea per i cavidotti che si sovrappongono.

(*) La fascia di rispetto sopra definita tiene conto del campo cumulato per i due cavi paralleli.

Ad ulteriore approfondimento, si precisa che l'impianto fotovoltaico in oggetto, quando in esercizio ordinario non prevede la presenza di personale di sorveglianza o addetto alla manutenzione ordinaria.

Tale circostanza esclude ulteriormente l'eventuale esposizione ai campi elettromagnetici.

Si precisa inoltre che i suddetti dati sono valutati nelle condizioni di massima produzione elettrica fotovoltaica ipotizzabile – ovvero le peggiori condizioni eventualmente verificabili.

Tale condizione sarà ragionevolmente limitata nel tempo in ragione delle reali condizioni di esercizio dell'impianto.