

REGIONE SICILIA

COMUNE DI AIDONE (EN)

Oggetto:

Riqualificazione di un'area agricola consistente nella coltivazione dell'intera area agricola ricadente nel Comune di Aidone (EN) al NCT foglio 59 particelle Foglio 59 particelle 4, 8, da 9 a 15, da 25 a 41, 45, 46, 47, 67, 68, 69, 71, 72 e prevede la riqualificazione di un'area agricola consistente nella coltivazione dell'intera area agricola attraverso le più moderne tecnologie tipiche della cosiddetta Industria (Agricoltura) 5.0 e nella installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva di **43.083,60 kWp** (lato DC) denominato **AGRIVIFRA** con struttura ad inseguimento monoassiale da connettere in alta tensione (AT) alla RTN Terna S.p.A. avente Codice Pratica **202002137**.



Nome Documento:

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Proponente:

VIFRA ENERGY S.r.l.

c.da Vallon Forte n. 1 –
Realmondo (AG) CAP 92010 –
c.f./P.IVA 02940160845

Progettista:



Dott. Ing. Pietro ZARBO
Ordine degli Ingegneri Agrigento n. 1341

Nome Elettronico Documento (file): Relazione Campi Elettromagnetici

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	AUTORIZZATO
00	01/06/2023	1 Emissione	Ing. P. Zarbo	Ing. P. Zarbo	VIFRA ENERGY s.r.l.

INDICE

1	Premessa.....	3
2	Definizioni	4
3	Riferimenti Normativi	6
4	Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto/DPA	7
5	L'impianto di produzione e connessione	9
5.1	Schema unifilare	9
5.2	Soluzione tecnica di connessione	10
6	Sorgenti di campi elettromagnetici nel progetto.....	11
7	Analisi dei campi elettrici e magnetici	12
7.1	Cavi MT interrati.....	12
7.2	Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT.....	13
7.3	Elettrodotto aereo AT	16
8	Conclusioni	17

1 Premessa

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico denominato **AGRIVIFRA** ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Verranno descritte le caratteristiche principali delle componenti dell'impianto in grado di produrre campi elettromagnetici significativi e verrà 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 Definizioni

Per quanto non riportato nel seguito si rimanda alle definizioni contenute nelle Norme CEI 0-16, CEI 0-21 e nella delibera ARG/elt 99/08 e s.m.i.

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- ✓ Autorità competenti ai fini dei controlli: sono le autorità di cui all'art. 14 della Legge 36/2001 (le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente).
- ✓ Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni: sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l'esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore).
- ✓ Campata: elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.
- ✓ 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Figura 2). Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).
- ✓ Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- ✓ Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (Figura 2).

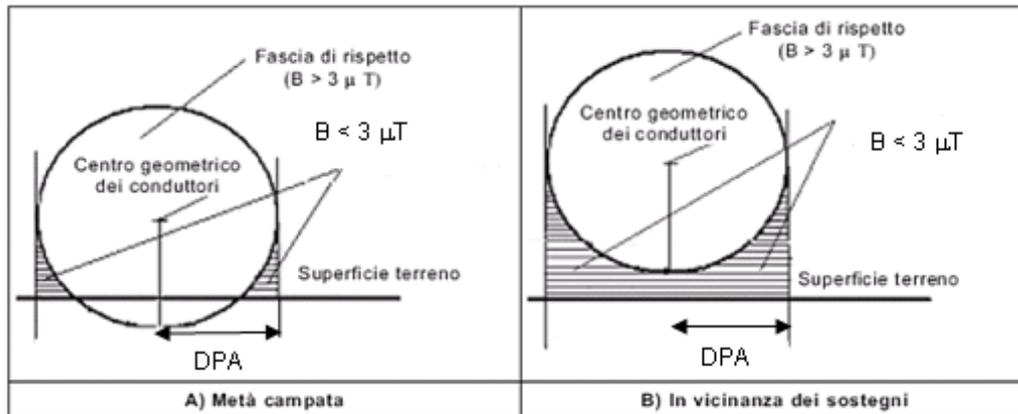


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

(La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore)

- ✓ **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.
- ✓ **Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1):** nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- ✓ **Linea:** collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.
- ✓ **Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h):** aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.
- ✓ **Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4):** nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3 Riferimenti Normativi

Principali riferimenti normativi sono:

- ✓ Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- ✓ DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
- ✓ DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.
- ✓ DM 21 marzo 1988, n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne” e s.m.i.”.
- ✓ CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- ✓ CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- ✓ CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”.
- ✓ CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”.
- ✓ Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l'uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- ✓ Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

4 Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto/DPA

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

Il calcolo sarà effettuato con modello bidimensionale (2D), se rispettate le condizioni di cui alla CEI 106-11, o con modello tridimensionale (3D) in caso contrario. La determinazione della fascia di rispetto è finalizzata alla definizione del volume, attorno ai conduttori, al cui interno si potrebbe avere una induzione magnetica superiore a $3 \mu\text{T}$ e non all'individuazione della proiezione verticale al suolo di detto volume, come invece definito in maniera semplificata dalla procedura di calcolo della DPA. Pertanto, il calcolo richiesto dalle autorità competenti va effettuato soltanto in corrispondenza della sezione di interesse, ovvero interferente con un luogo tutelato di cui all'art. 4 c. 1 lettera h) della Legge 36/2001.

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

- 1) Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
- 2) Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va 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 (conduttore + isolante) del cavo (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * I$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso. Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT 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 (§ 5.2.1. del DM 29.05.08). Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Come prescritto all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA

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 $3 \mu\text{T}$ per il valore efficace di induzione magnetica.

Nei prossimi capitoli vengono analizzati tutti i tratti di trasporto energia, dal singolo modulo fino alla connessione, per valutarne il contributo di generazione dei campi elettromagnetici.

5 L'impianto di produzione e connessione

L'impianto **AGRIVIFRA** è un impianto fotovoltaico della potenza di **43.083,60 kWp** ubicato nel comune di AIDONE (EN) identificato catastalmente al NCT foglio 59 particelle Foglio 59 particelle 4, 8, da 9 a 15, da 25 a 41, 45, 46, 47, 67, 68, 69, 71, 72.

Un impianto di produzione di energia che immette l'energia in rete deve essere connesso secondo una soluzione tecnica proposta dall'ente gestore della rete, in questo caso, Terna S.p.A.

Quindi, sia per motivi amministrativi di gestione delle parti che lo compongono che per motivi tecnici un impianto e le relative opere di connessione può essere distinto nelle seguenti sezioni:

- ✓ impianto di produzione di energia: nel nostro caso l'impianto fotovoltaico **AGRIVIFRA** costituito dai generatori fotovoltaici (moduli) e relativi componenti:
 - inverter per convertire l'energia a corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici (generatori di elettricità) in continua alternata;
 - cavi per il trasporto di energia verso i quadri elettrici;
 - trasformatore di tensione per elevare la tensione da BT (bassa tensione < 1,000 Volt) a MT (media tensione a 30.000 volt);
 - le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano le cabine di campo CCx tra loro e con la Sottostazione Elettrica (SSE);
 - Stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV utente e consegna;
 - La linea elettrica in AT (150 kV) tra la stazione elettrica utente e la stazione elettrica dell'ente gestore, in questo caso l'impianto sarà connesso ad una nuova stazione elettrica di trasformazione AAT/AT (380/150 kV) da inserire in configurazione entra-esce nella linea "Chiamonte Gulfi - Ciminna" appartenente alla RTN.

5.1 Schema unifilare

L'architettura elettrica è composta da tre sottocampi ove confluiscono 10 sezioni di campo fotovoltaico da 5 MWp.

Quindi, i generatori (moduli) di ciascuna delle 15 sezioni produrranno energia elettrica in corrente (DC) continua che verrà trasformata in corrente alternata (AC) dagli inverter alla tensione di uscita di 800 V ca. All'interno di ciascuna cabina di campo CCx (si veda l'elaborato "Schema unifilare impianto" è installato un trasformatore 0.8/30 kV per la trasformazione di detta corrente alla tensione di 30 kV. L'energia sarà quindi immessa nel sistema di trasporto di energia in cavo a 30 kV (interrata)

per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subisce un'ulteriore trasformazione di tensione (30/150 kV) prima dell'immissione nella rete di alta tensione.

Si vedano "Schemi unifilare impianto" e "Schema unifilare SSE".

5.2 Soluzione tecnica di connessione

La soluzione tecnica proposta Terna s.p.a. prevede la connessione dell'impianto fotovoltaico **AGRIVIFRA** alla rete in una stazione di trasformazione a 150 kV. Quindi sarà necessaria una sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione per elevare la tensione da 30 kV a 150 kV.

6 Sorgenti di campi elettromagnetici nel progetto

La presente relazione è riferita all'impatto elettromagnetico prodotto dall'impianto con particolare riferimento a:

- 1) linee MT interrate;
- 2) sottostazione elettrica di trasformazione e consegna;
- 3) linea elettrica AT per la consegna.

7 Analisi dei campi elettrici e magnetici

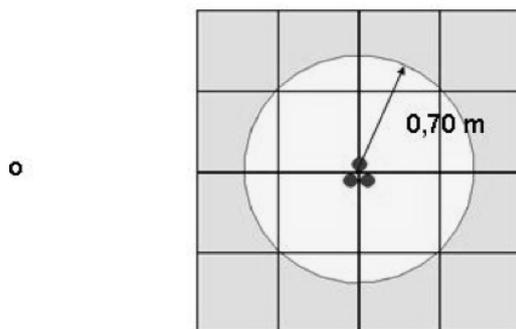
7.1 Cavi MT interrati

La rete di connessione tra le varie apparecchiature dell'impianto è interamente interrata e consta in cavi in MT (30 kV) per la connessione tra le cabine di campo e la cabina parallelo MT. Le linee interrata sono costituite da terne trifase con geometrie elicoda, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo profondi almeno 1.00 mt; ciò consente di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno.

Secondo quanto espresso dal Decreto 29 maggio 2008, nell'allegato relativo alla "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", si ribadisce che sono escluse dalla valutazione delle Distanze di Prima Approssimazione (D.P.A.) e delle Fasce di Rispetto le linee in MT in cavo cordato ad elica in quanto le fasce di rispetto hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dai D.M. 449/1988 e 16/01/1991.

L'utilizzo di cavi cordati ad elica consente di ridurre notevolmente le distanze tra i conduttori limitando di conseguenza la dimensione della fascia di rispetto.

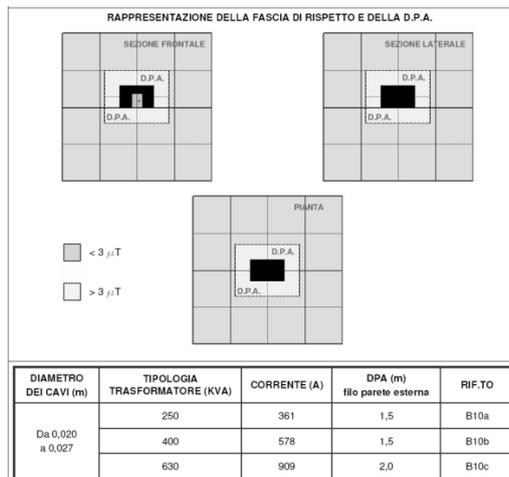
Il cavo tripolare ha un ottimo comportamento dal punto di vista dei campi magnetici in quanto, essendo la somma delle tre correnti che circolano nei conduttori istante per istante nulla, almeno teoricamente non vi sono correnti parassite circolanti negli eventuali rivestimenti metallici esterni (guaina ed armatura).



Fascia di rispetto ($B > 3$ microT) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm² – In 324 A

La corrente dei conduttori in MT non supera i 300 A (nominali), si nota come già ad una distanza minore della profondità dell'elettrodoto si ha il rispetto dei limiti;

Si allega estratto delle linee guida per l'applicazione dell'allegato al DM 29.05.08 per le DPA da cabine elettriche:



7.2 Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT

L'energia proveniente dalle cabine di campo raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione, ubicata in prossimità della nuova Stazione Terna 380/150 kV in un'area localizzata nel foglio 45, 90 del foglio 76 nel NCT di Ramacca (CT).

Qui è previsto:

- 1) un innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- 2) la misura dell'energia prodotta;
- 3) la consegna a TERNA S.p.a.

La sottostazione ha una superficie di circa 3.900 mq. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo ed il gruppo elettrogeno.

È prevista altresì la realizzazione di uno stallo di trasformazione 150/30 kV.

Il trasformatore avrà potenza nominale massima di 50 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;

- trasformatori di corrente per misure e protezione;
- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

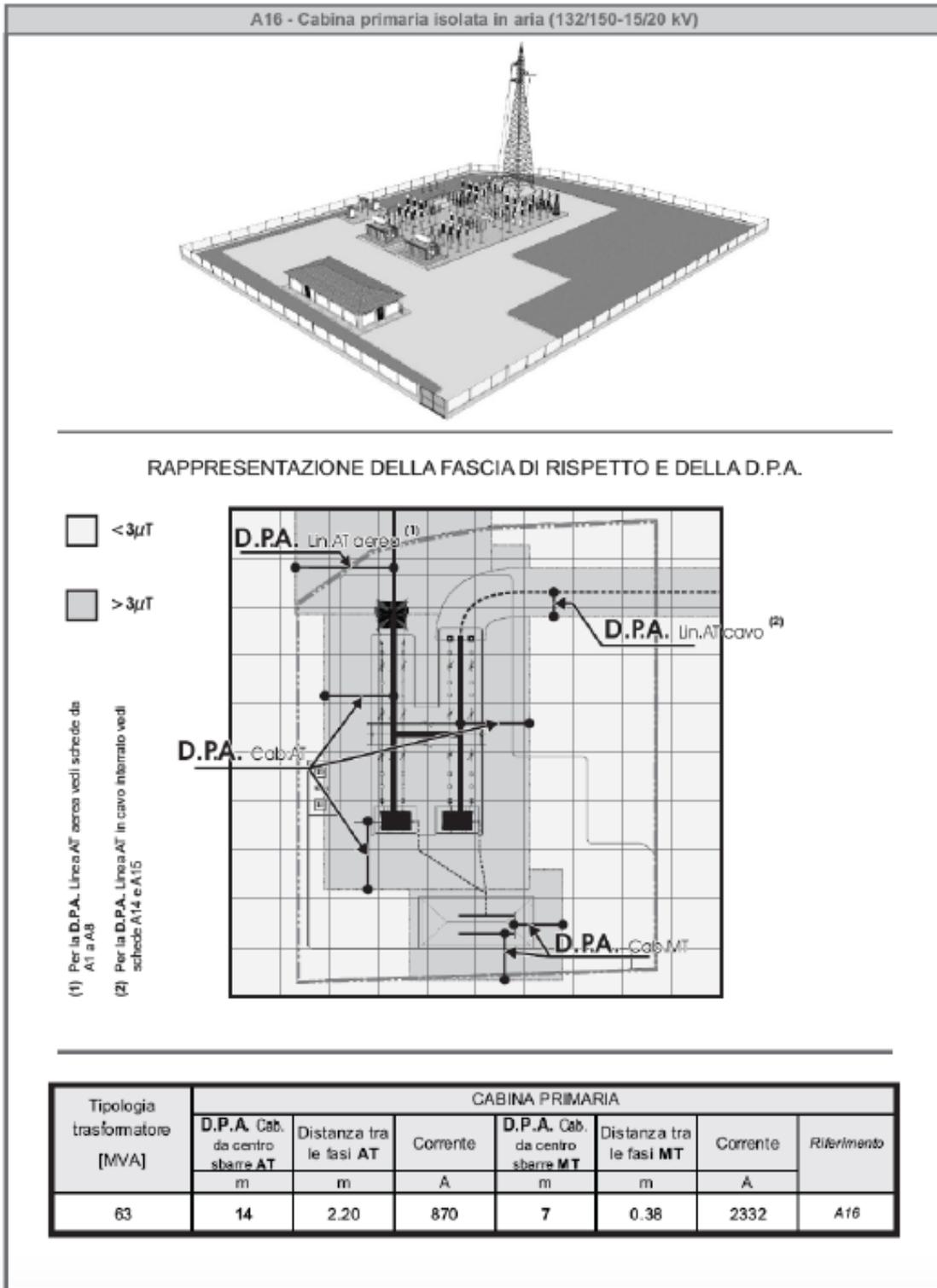
Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SSE è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto (area recintata). Ciò in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 che afferma che: per questa tipologia di impianti la Dpa e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

La sottostazione di trasformazione è, inoltre:

- realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 300 m;
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della cabina di trasformazione è trascurabile.

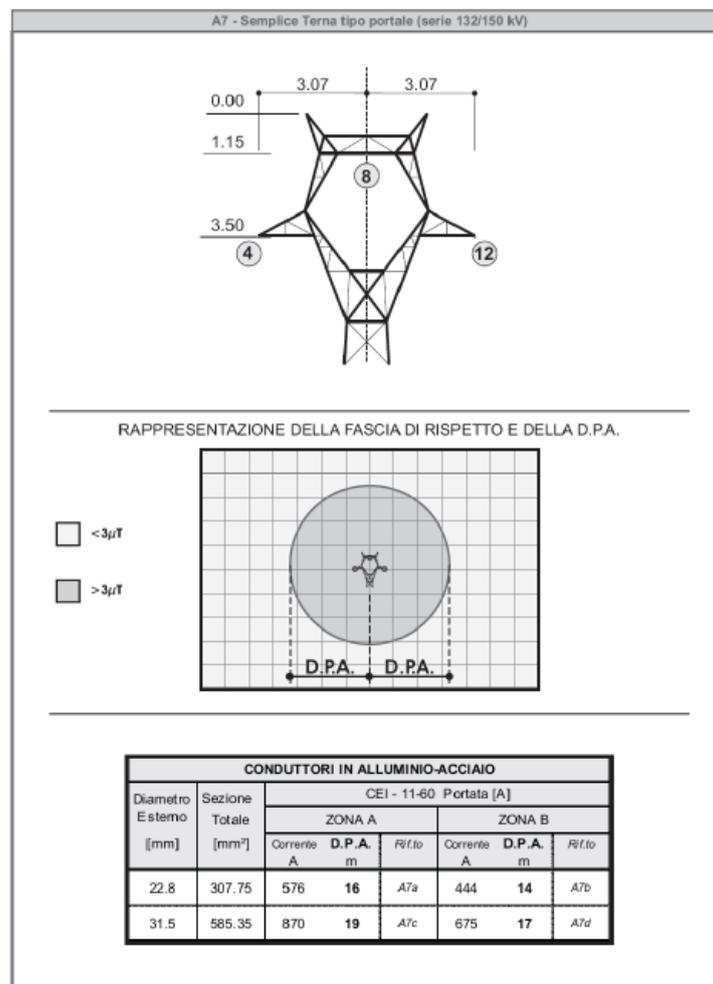
Si allega le DPA calcolate secondo le linee guida del DM 29-05-2008.



7.3 Elettrodotto aereo AT

La linea elettrica aerea AT (della lunghezza di circa 50 m) permette di collegare la Sottostazione Elettrica (SSE) alla nascente Stazione Terna 380/150 kV ubicata adiacente alla SSE utente per la consegna alla RTN dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico.

La linea elettrica AT 150kV sarà costituita da tre cavi della sezione di opportuna sezione (< 1000 mmq se rame e < 1600 se alluminio) sarà in posata in linea aerea con le specifiche raffigurate nella seguente figura e il DPA massimo di 20 mt e considerando che la linea è interna alle aree della SSE e non accessibile a persone non autorizzate il rispetto è da escludere ogni pericolo all'esposizione alla popolazione.



8 Conclusioni

Considerando che:

- ✓ in fase di cantiere non c'è rischio ad esposizione di campi elettromagnetici in quanto le componenti non sono in tensione;
- ✓ nella fase di esercizio non si esclude la presenza di personale per interventi di manutenzione sugli elementi dell'impianto. Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro comprendendo quindi anche la sosta limitata davanti agli elementi radianti entro il limite della D.P.A.
- ✓ secondo quanto espresso dal Decreto 29 maggio 2008, nell'allegato relativo alla "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", si ribadisce che sono escluse dalla valutazione delle Distanze di Prima Approssimazione (D.P.A.) e delle Fasce di Rispetto le linee in MT in cavo cordato ad elica in quanto le fasce di rispetto hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dai D.M. 449/1988 e 16/01/1991

L'impianto fotovoltaico solare "AGRIVIFRA" e le opere annesse ***non producono effetti negativi da campi elettrici e magnetici*** sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica.

La limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate e la ridotta presenza di potenziali ricettori garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi elettromagnetici.

Le opere utili all'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale rispettano in ogni punto i massimi standard di sicurezza e i limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione da campi elettromagnetici.