



PROVINCIA DI
SIENA



COMUNE DI
MONTEPULCIANO



REGIONE
TOSCANA



PROVINCIA DI
AREZZO



COMUNE DI
CORTONA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO CONNESSO ALLA R.T.N. DELLA POTENZA DI PICCO 26601,680 kWp

IMPIANTO AGROVOLTAICO "GREPPO"

Comuni di Montepulciano e Cortona

pvgen_2_doc_04

Cod. Doc.:pvgen_2_doc_04

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Project - Commissioning - Consulting

Scale: na

PROGETTO

07/04/22

PRELIMINARE

DEFINITIVO

ESECUTIVO



Acciona Energia Global Italia S.r.l.
Via Achille Campanile 73
00144 Roma
p iva 12990031002

Tecnici
Ing. Mauro Marchino
Ing. Fabio Sabbatini

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
1	07/04/22	Emissione	Marchino/Sabbatini	Marchino/Sabbatini	Marchino/Sabbatini

ACCIONA ENERGIA GLOBAL ITALIA Srl



Ing. Mauro Marchino
Albo ingegneri Viterbo n° A666
Via Pacinotti 5, 01100 Viterbo
mauro.marchino@tusciaengineering.com

Ing. Fabio Sabbatini
Albo ingegneri Viterbo n° A865
Via Pacinotti 5, 01100 Viterbo
fabio.sabbatini@tusciaengineering.com

Non è permesso consegnare a terzi o riprodurre questo documento, né utilizzarne il contenuto o renderlo comunque noto a terzi senza nostra esplicita autorizzazione. Ogni infrazione comporta il risarcimento dei danni subiti. E' fatta riserva di tutti i diritti derivati da brevetti o modelli

Indice generale

Premessa.....	3
Riferimenti normativi.....	3
Legislazione vigente.....	3
Norme CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM.....	4
Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata.....	5
Limiti di riferimento.....	6
Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e DPA.....	7
Descrizione dell'impianto.....	9
Calcolo dei campi elettromagnetici.....	9
Moduli fotovoltaici.....	10
Linee bt in corrente continua e in corrente alternata.....	10
CT (inverter e trasformatori MT/BT).....	10
Linee MT interne all'impianto.....	11
Linee MT esterne all'impianto.....	11
SEU.....	12
Elettrodotto interrato AT esterno all'impianto.....	14
Ampliamento stazione "Farneta RT".....	16
Conclusioni.....	18

Premessa

La presente relazione si propone di esaminare l'emissione dei campi elettromagnetici generati dall'impianto fotovoltaico in progetto e dalle relative opere per la connessione alla RTN di Terna SpA, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto agri-fotovoltaico su strutture ad inseguimento monoassiale della potenza di 26.601,68 kWp.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie agricola posta nel territorio comunale di Montepulciano (SI), e dovrà essere collegato alla rete Terna di alta tensione mediante un elettrodotto interrato in media tensione (30 kV) lungo circa 11 km, una sottostazione di elevazione di utenza (SEU) per l'elevazione in alta tensione (132 kV), un elettrodotto AT (132 kV) interrato di circa 450 metri, ed un nuovo stallo all'interno di una stazione di Terna esistente denominata "Farneta RT"; quest'ultima sarà oggetto di ampliamento proprio per poter collocare il nuovo stallo.

La stazione SEU utente e la stazione "Farneta RT" di Terna sono entrambe localizzate nel territorio comunale di Cortona (AR), a circa 400 metri l'una dall'altra, in adiacenza della linea ferroviaria direttissima Roma-Firenze.

Si vedano le tavole allegate **pvimp_1_tav_09**, **pvgen_1_tav_09**, **pvor_1_tav_09** rispettivamente per la posizione esatta dell'impianto fotovoltaico, per il tracciato degli elettrodotti MT e AT, per la posizione della SEU e della stazione "Farneta RT" oggetto di ampliamenti.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute ai cavidotti interni ed alle cabine elettriche. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Analoghe valutazioni saranno effettuate per gli elettrodotti interrati e la SEU, nonché per la parte di ampliamento della stazione Terna esistente "Farneta RT".

Riferimenti normativi

Legislazione vigente

- Legge 28 giugno 1986 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- 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";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo

per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia” e ss.mm.ii.;

- Decreto 29 maggio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

Norme CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM

- Norma CEI 7-2 “Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree” ed. quarta, 1997;
- Norma CEI 7-11 “Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree” ed. prima, 1997;
- Norma CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, ed. terza, 1997;
- Norma CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- Norma CEI EN 60383-1, “Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione”, ed. prima, 1998;
- Norma CEI EN 61284, “Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria”, ed. seconda, 1999;
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- Norma CEI 304-1 “Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche” ed. prima, 2005;
- 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” Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008;
- Norma IEC 60652-2002 “Loading tests on overhead lines structures”.
- 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”.

Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata

Le linee elettriche dell'impianto "Greppo" sono progettate nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici.

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche aeree in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, acronimo di International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, organismo non governativo riconosciuto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1998 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione è utile menzionare a livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, sostituite dalle più recenti, chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];
- 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)]. I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:
- 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" Prima edizione 2006;
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008.

Nonché, relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" Seconda edizione, 2002;
- Norma CEI 11-17 per le linee in cavo;

Limiti di riferimento

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete di 50 Hz:

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200 μ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete a 50 Hz sono:

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 100 μ T (valori efficaci)

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

1. Limite di esposizione
 - 5 kV/m per il campo elettrico
 - 100 μ T per l'induzione magnetica (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)
2. Valore di attenzione
 - 10 μ T per l'induzione magnetica, facenti parte della RTN (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
3. Obiettivo di qualità
 - 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano soltanto nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente.

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 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 ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto riepilogativo dei limiti attualmente vigenti:

F HZ	OMS		CONSIGLIO EUROPEO		ITALIA		
	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003		
	E (kV/m)	B (μ T)	E (kV/m)	B (μ T)	E (kV/m)	B (μ T)	
50	5	200	5	100	5	Limite di esposizione	100
						Valore di Attenzione	10
						Obiettivo di qualità	3

Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e DPA

Come già accennato, l'obiettivo di qualità si applica nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di insediamenti esistenti, o nel caso di progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti.

Con riferimento agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (DPA).

Le DPA (Distanza di Prima Approssimazione) vengono calcolate ipotizzando in modo molto cautelativo di voler verificare la distanza dai cavi per cui l'induzione magnetica non supera il valore di 3 μ T, pari al valore degli obiettivi di qualità **applicabili alla progettazione di nuovi ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore**.

La normativa vigente prevede infatti che il limite di 3 μ T debba essere rispettato soltanto “*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 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 ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio*”, art. 4 D.P.C.M. 8 luglio 2003.

L'art. 3 del D.P.C.M. invece fissa rispettivamente a 100 μ T e 10 μ T i limiti di esposizione e i valori di attenzione; i limiti di esposizione devono essere sempre rispettati, mentre i valori di attenzione devono essere rispettati nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici, ecc. esistenti

“1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

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

Riassumendo, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 stabilisce 3 livelli di tutela:

- non si deve mai superare il valore di 100 μT
- non si deve superare il valore di 10 μT nel caso di ambienti tutelati (aree gioco per l'infanzia, scuole, abitazioni, ecc.)
- non si deve superare il valore di 3 μT nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di scuole, ecc.

L'elettrodotto AT in progetto è realizzato in interrato lungo una strada periferica, percorsa solo per l'accesso ad alcuni terreni agricoli e alla stazione Farneta RT esistente, pertanto non prevede nessuna presenza continuativa di persone.

L'unico limite di induzione magnetica da rispettare ai sensi del D.P.C.M. 8 luglio 2003 è pertanto quello dei 100 μT .

La “Fascia di rispetto” è definita dalla norma CEI 106-11 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.

Come meglio specificato dal DPCM 8 luglio 2003 [art.6] per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60.

Come previsto dall'art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto

Il concetto di “Distanza di prima approssimazione (DPA)” è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: “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...”

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree

Descrizione dell'impianto

L'impianto agri-fotovoltaico "GREPPO" sorgerà ai margini del territorio comunale di Montepulciano (SI), e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale di Terna SpA.

L'estensione complessiva del campo fotovoltaico sarà pari a circa 37,6 ha per una potenza complessiva di 26.604,68 kW

L'impianto fotovoltaico è costituito da 4 cabine di trasformazione, denominate CT, che saranno divise in due gruppi, ognuno dei quali collegato tramite una linea interrata ad anello in media tensione (30 kV) interna all'impianto stesso.

La conversione da corrente continua a corrente alternata all'interno dell'impianto fotovoltaico sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter), alloggiati nelle 4 CT; le CT includono anche dei trasformatori di elevazione BT/MT con una tensione primaria di 30 kV (media tensione).

I due anelli in media tensione fanno capo ad altrettante cabine di anello, a loro volta alla collegate alla cabina di consegna mediante tre ulteriori cavidotti MT; la cabina di consegna sarà poi collegata alla stazione SEU, ovvero alla stazione di elevazione di utenza 30kV/132kV prevista nel territorio comunale di Cortona (AR), tramite un elettrodotto MT interrato di circa 11 km che, si snoda principalmente lungo la viabilità esistente ed in parte all'interno di terreni privati ad uso agricolo.

Dalla SEU partirà poi un ulteriore elettrodotto interrato di alta tensione (132 kV) che terminerà in un nuovo stallo da realizzare in adiacenza della stazione Terna "Farneta RT", situata anch'essa nel Comune di Cortona in prossimità della SEU.

La stazione "Farneta RT" sarà ampliata per poter ospitare il collegamento al nuovo elettrodotto AT interrato in progetto.

La SEU verrà realizzata su un'area di circa 1.850 m², individuata catastalmente al foglio 278 particelle 61/parte e 35/parte nel Comune di Cortona (AR), e sarà costituita principalmente da un trasformatore media tensione/alta tensione (132 kV/30 kV) in olio e sezionatori ed interruttori con isolamento in aria, oltre ai necessari locali di servizio.

Il dimensionamento della stazione è realizzato sulla base della potenza dell'impianto fotovoltaico sotteso e prevede l'utilizzo di un trasformatore di potenza pari a 32 MVA.

Si vedano anche le tavole **pvor_2_tav_01.1** per i dettagli costruttivi della SEU e **pvimp_2_tav_03** per gli schemi elettrici unifilari di impianto.

Calcolo dei campi elettromagnetici

Le componenti impiantistiche che possono costituire potenziali emettitori di campi elettromagnetici sono:

- Moduli fotovoltaici
- Linee bt in corrente continua
- Linee bt in corrente alternata
- CT (inverter e trasformatori MT/BT)
- Linee MT interrate interne all'impianto
- Elettrodotto interrato MT esterno all'impianto
- SEU (trasformazione MT/AT)

- Elettrodoto interrato AT esterno all'impianto
- Ampliamento stazione "Farneta RT"

Si procede qui di seguito all'esame di dettaglio delle singole componenti.

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono caratterizzati da un funzionamento in corrente continua in regime stazionario. La generazione di campi magnetici è da considerarsi trascurabile in quanto limitati ai momenti di gradienti significativi di corrente, tipicamente al momento dell'accensione e dello spegnimento dell'impianto.

Linee bt in corrente continua e in corrente alternata

Relativamente alle linee in corrente continua ed in corrente alternata dell'impianto, sulla base di quanto riportato nel Decreto 29 maggio 2008, 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, esistenti ed 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 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.

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.

CT (inverter e trasformatori MT/BT)

Le CT includono al loro interno gli inverter e un locale contenente il trasformatore di potenza MT/BT, oltre ad altri circuiti ausiliari minori e di scarsa rilevanza in questa trattazione.

Gli inverter selezionati sono dotate delle necessarie certificazioni a norma di legge. In particolare saranno conformi alle EMC e standard di cui alle norme seguenti:

EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 610

- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore comunque contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di controllo interno ad ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

Per quanto riguarda invece la parte di trasformazione bt/MT, va ricordato preliminarmente come tutte le CT siano poste all'interno del perimetro dell'impianto, molto lontane da locali abitati o comunque da luoghi che prevedono una permanenza umana significativa.

Nel caso specifico, per i trasformatori elevatori la DPA viene calcolata sulla base della relazione:

$$Dpa = 0,40942 * x^{0,5241} * \sqrt{(I)}$$

dove:

Dpa = Distanza di prima approssimazione (m)

I = Corrente nominale (A)

x = Diametro dei cavi (m)

La taglia dei trasformatori non è omogenea in tutte le CT in quanto ad ognuna di esse è sottesa una potenza diversa, ma si procede qui ad esaminare la situazione potenzialmente più gravosa, ovvero il trasformatore di taglia maggiore tra tutti quelli previsti, di potenza 7200 kVA.

Considerando la taglia del più grande dei trasformatori installati, pari a 7.200 kVA, e una tensione al secondario di 690 V, la massima corrente possibile al secondario sarà pari a:

$$I_{max} = \frac{7.200.000}{690 * \sqrt{3}} = 6032 A$$

Considerando quindi che la corrente massima sul lato bt del trasformatore sarà di I=6032 A, il cavo di massima sezione, sempre sul lato di bassa tensione sul trasformatore, di 240 mm², e pertanto con diametro esterno tipico pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA pari a 4,97 m, da arrotondare per eccesso al valore intero superiore come previsto dal DPCM.

Insomma si calcola una DPA di 5 m dalla parete esterna del box del trasformatore bt/MT, pertanto non ci potrà mai essere presenza continuativa di persone all'interno della DPA, visto che le CT sono tutte interne all'impianto.

Linee MT interne all'impianto

Le linee in media tensione interrate previste all'interno del campo fotovoltaico sono realizzate con cavo cordato ad elica ed esercite ad una tensione di 30 kV. Anche in questo caso, come per le linee in bassa tensione, trattandosi di una soluzione in cavo cordato ad elica, sono esclusi dal campo di applicazione del DPCM 8 luglio 2003.

Per quanto riguarda il brevissimo tratto di cavo di MT che dal primario del trasformatore si collega alla cella di media attigua, applicando la stessa relazione sopra riportata, considerando un rapporto di trasformazione 690/30000 ed una corrente massima pari I=6032 A, si ottiene una DPA pari a 0,66 cm che approssimato ad 1 metro fa ricadere la fascia all'interno del locale MT. Quest'ultima considerazione fa sì che, anche nella cabina di parallelo MT, non ci sono zone di presenza umana continuativa all'interno della DPA.

Linee MT esterne all'impianto

L'elettrodotto interrato in media tensione per il collegamento dell'impianto alla SEU è interamente realizzato con cavo cordato ad elica ad una tensione di 30 kV. Anche in questo caso pertanto, trattandosi di una soluzione in cavo cordato ad elica, non si ricade nel campo di applicazione del DPCM 8 luglio 2003.

Trattandosi di cavi da posare lungo terreni agricoli e lungo la viabilità pubblica si possono comunque fare le seguenti considerazioni.

In generale i cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei, ma l'intensità si riduce molto più rapidamente con la distanza; l'uso di linee "compatte", ovvero dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto minuti di guaine isolanti (disposizione a trifoglio), porta però ad una riduzione del campo magnetico, che mitiga questo effetto.

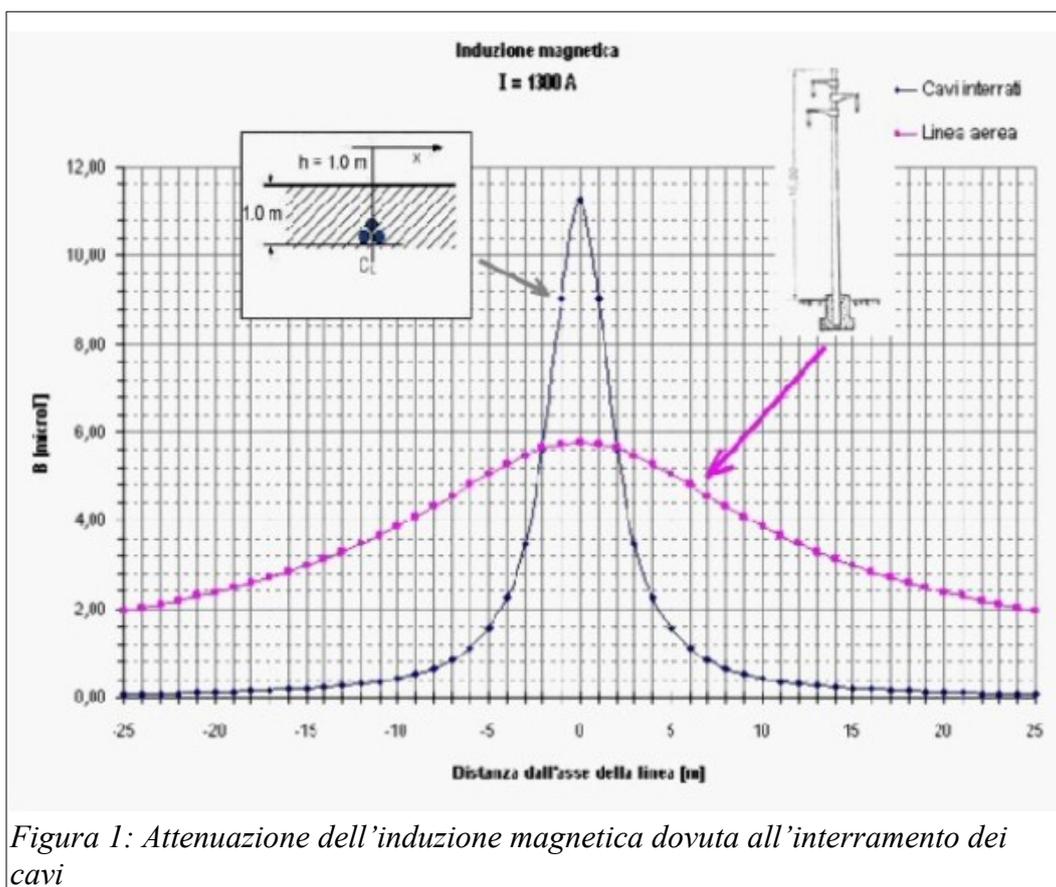


Figura 1: Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

Per quanto concerne i cavi MT interrati, il valore di qualità (induzione magnetica $< 3 \mu\text{T}$), si raggiunge già ad una distanza di circa 1 m dal cavo, che è interrato ad una profondità sempre maggiore o uguale ad 1 m. Inoltre le aree interessate dall'elettrodotto sono campi agricoli e strade pubbliche esistenti, ed in entrambi i casi non è ovviamente prevista la presenza continuativa di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici, pertanto il limite di $3 \mu\text{T}$ è estremamente cautelativo.

SEU

Per le valutazioni relative alla stazione di elevazione utente, o SEU, si può far riferimento al procedimento semplificato di cui alla Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche".

L'allegato chiarisce infatti come che per questa tipologia di impianti la DPA rientri generalmente nell'area di pertinenza.

Per una analisi più approfondita si è preso a riferimento anche le DPA che sono state simulate ed elaborate per conto di Enel SpA con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.

Il caso in esame è assimilabile a quello descritto nella Scheda A16 dell'allegato A "DPA per Linee AT e Cabine Primarie" ossia Cabine primarie isolate in aria, tensione primaria 150 kV, tensione secondaria 20 kV e trasformatore da 63 MVA.

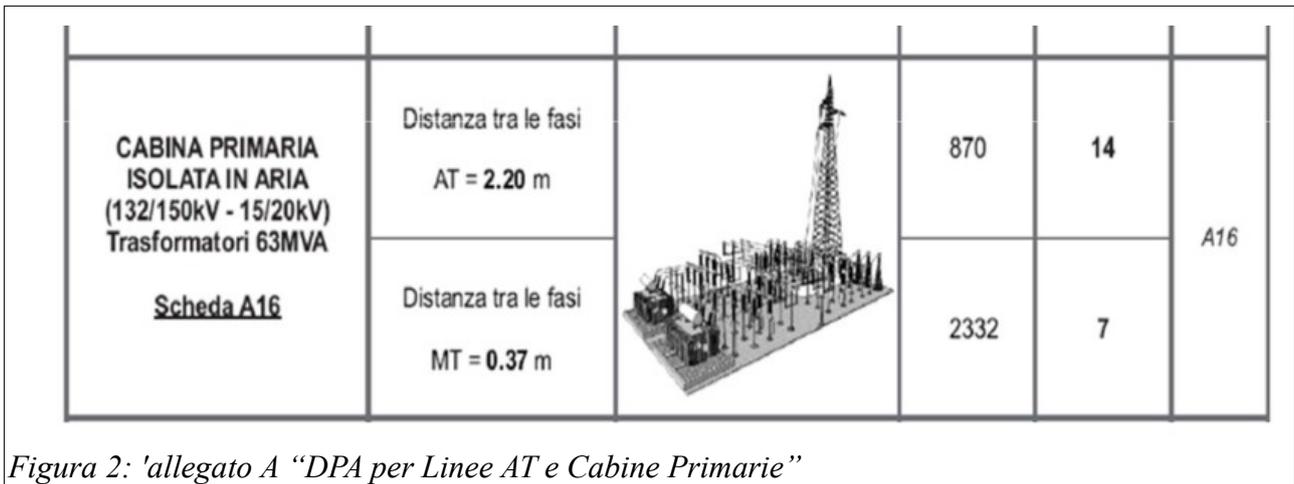
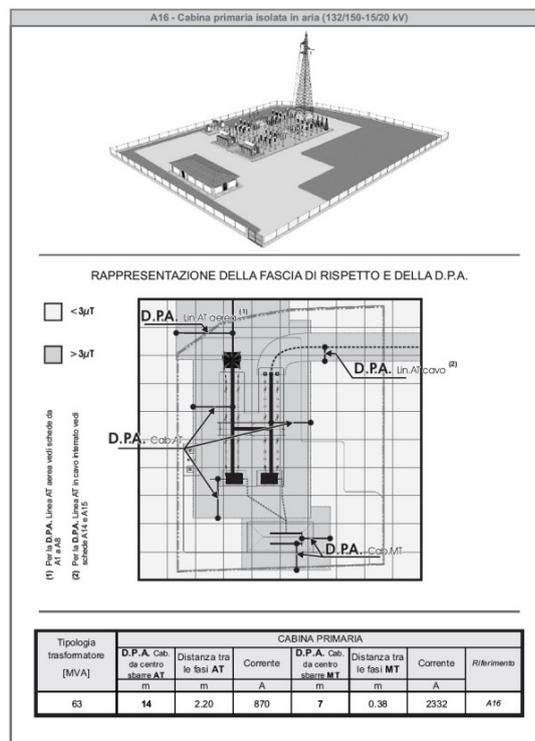


Figura 2: 'allegato A "DPA per Linee AT e Cabine Primarie"'



La scheda A16 definisce una DPA di 14 metri dal centro dei conduttori in alta tensione, per una corrente di 870 A. Tale valore è molto cautelativo rispetto alla situazione in progetto in quanto la corrente nominale lato AT sarà molto minore di 870 A, in conseguenza della massima potenza di 26,601 MW erogabile dall'impianto fotovoltaico, a cui corrisponde una tensione sulla linea AT a 132 kV di circa 116 A. Anche la taglia del trasformatore in progetto è di soli 32 MVA, a fronte dei 63 MVA ipotizzati dalla suddetta guida.

Considerando inoltre che la tensione di linea MT è pari a 30 kV e non a 20 kV, e quindi caratterizzata da una minore corrente nominale, anche il valore di 7 metri per la DPA lato MT appare estremamente cautelativo.

In ogni caso l'intero castello di trasformazione è stato posto cautelativamente all'interno di una fascia di rispetto maggiore di 14 metri misurato a partire dal conduttore di AT più esterno; anche le linee in media tensione, peraltro interrate, sono circondate da fasce di rispetto ben più ampie di 7

metri, si veda in proposito anche la tavola allegata **pvor_2_tav_01.1**.

Infine, va ricordato che la SEU è prevista in una zona interamente agricola, lontano da fabbricati e da attività con presenza umana ricorrente.

Elettrodotto interrato AT esterno all'impianto

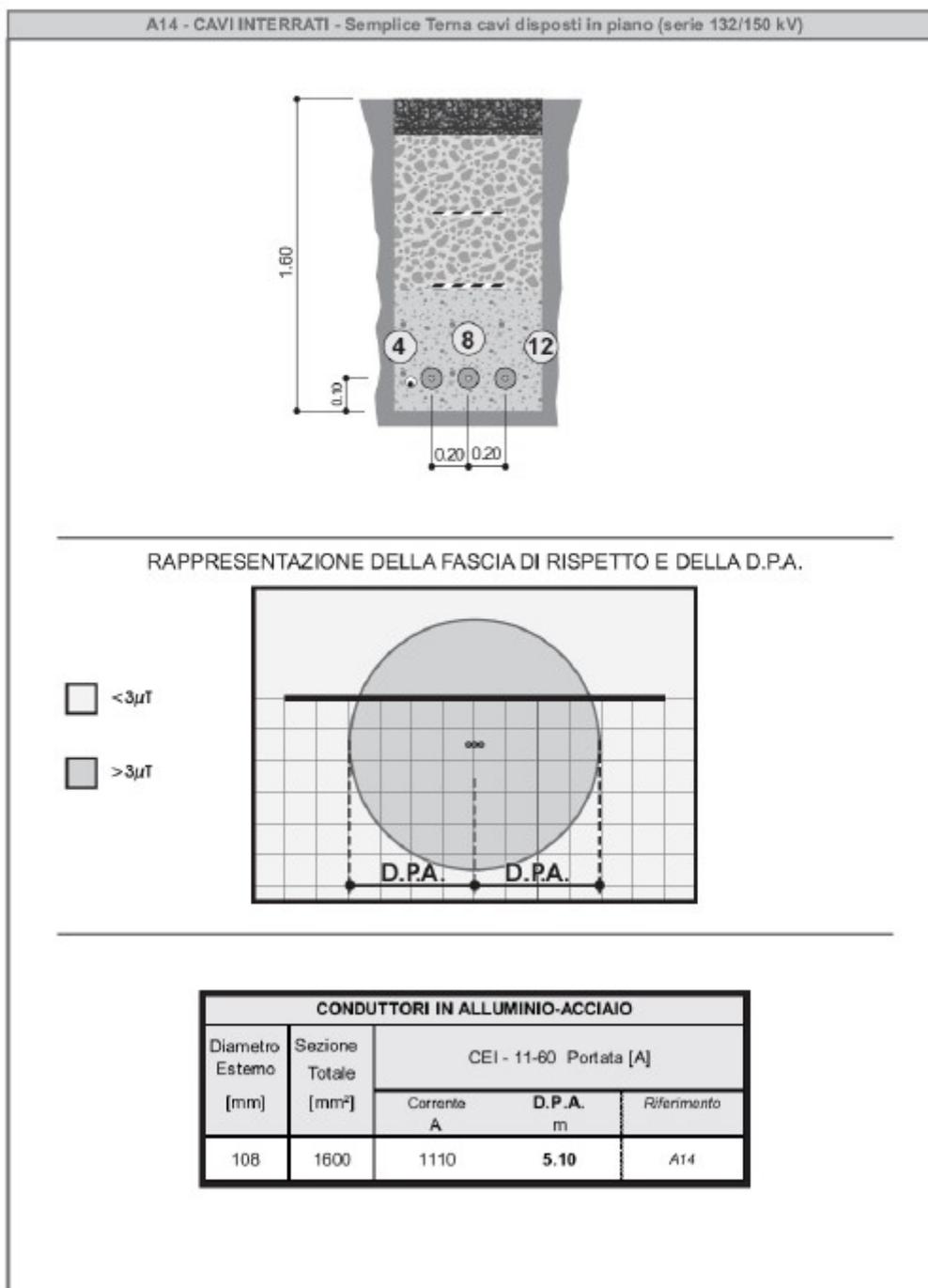
L'elettrodotto in alta tensione (132 kV) di connessione tra la SEU e l'ampliamento della stazione RTN di TERNA "Farneta RT" si sviluppa interamente in interrato per un tratto di circa 450 su strada asfaltata.

La taglia di impianto è di circa 26,6 MW, corrispondenti ad una corrente massima erogabile dall'impianto sulla linea AT a 132 kV pari a circa 116 A, ovvero poco più del 10% della corrente di riferimento utilizzata per la definizione delle DPA per Linee AT e Cabine Primarie della linea Guida Enel per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08.

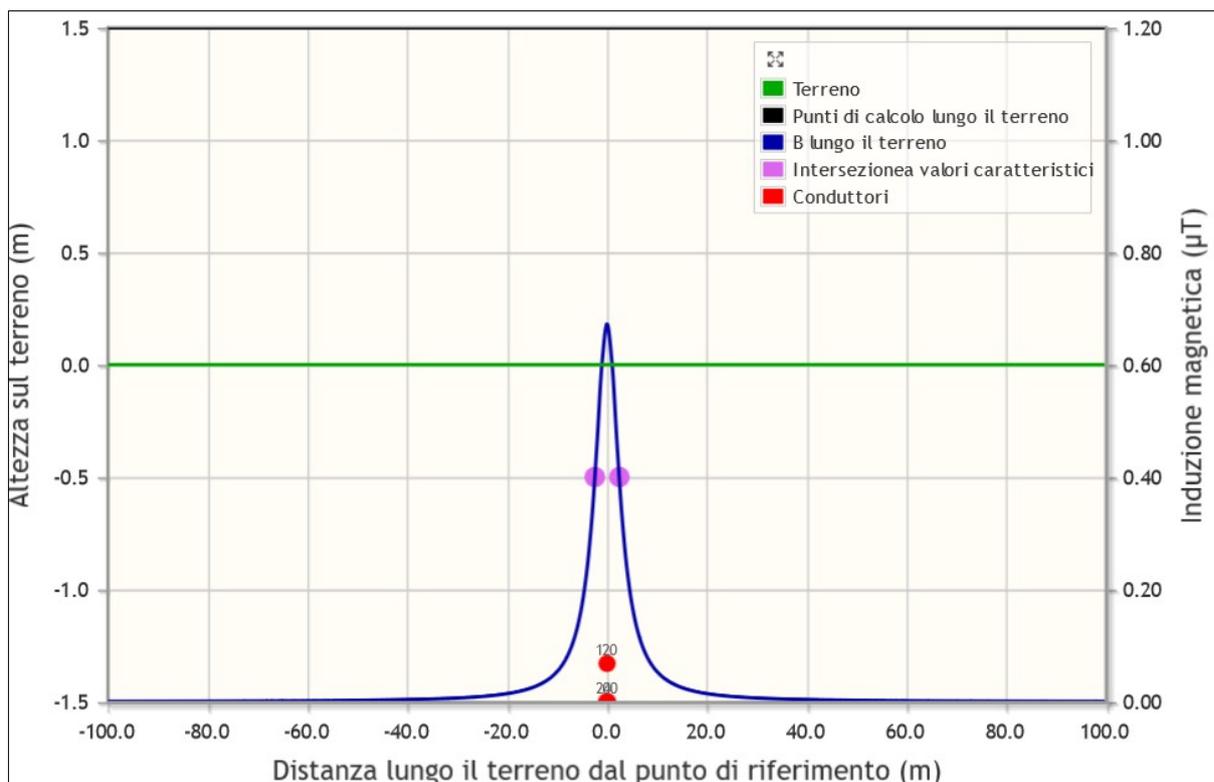
Tale guida, di cui si riporta qui di seguito un estratto, è molto conservativa rispetto al caso in progetto in quanto ipotizza una corrente nominale di 1110 A ed una corrispondente DPA per linee in cavo interrato tale da non superare il valore di qualità di 3 μ T.

In queste condizioni la DPA è pari a 5,1 metri.

Si ricorda ancora una volta come nel caso in esame sia sufficiente non superare il valore di 100 μ T, mentre i 3 μ T sono soltanto un obiettivo di qualità per nuovi elettrodotti da realizzare nelle vicinanze di scuole, ecc.



Al fine di avere un ordine di grandezza dell'induzione magnetica in gioco, nell'ordine di 0,7 μT e comunque sicuramente molto inferiore ai 100 μT previsti dalla normativa, si allega qui di seguito il risultato di una simulazione eseguita con il sistema di calcolo <https://www.webnir.eu/cem/> sviluppato nell'ambito dei progetti INAIL ex bando Bric-2016 Strumenti web di ausilio alla valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici, con i contributi, tra gli altri, di Arpa



Ampliamento stazione “Farneta RT”

La stazione di Terna esistente denominata “Farneta RT” verrà ampliata per poter installare un nuovo stallo, a cui collegare l’elettrodotto AT interrato proveniente dalla SEU.

L’ampliamento si rende necessario per poter disporre dello spazio necessario al nuovo stallo.

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

L’area interessata dall’ampliamento sarà delimitata da una recinzione munita di cancello di ingresso, si veda la tavola **pvor_2_tav_02.1** per i dettagli costruttivi.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la stazione è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, tipologia di impianti per le quali, come già ricordato a proposito della SEU, le DPA ricadono tipicamente all’interno dell’area di pertinenza.

Al paragrafo 5.2.2 dell’Allegato al Decreto 29 maggio 2008 si legge infatti che: “*per questa tipologia di impianti la Dpa e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini*

dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso”.

Nonostante l'indicazione fornita dal suddetto allegato, si procede ad un calcolo analitico della fascia di rispetto delle sbarre AT interne all'ampliamento della stazione “Farneta RT”.

I brevi tratti di linee cordate AT e le sbarre AT interne alla stazione sono assimilabili ad una linea aerea trifase 132 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza dal suolo di circa 4,5 m per i cavi e di circa 7 m per le sbarre, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame abbiamo:

- S (distanza tra i conduttori)= 2,2 m
- P_n = Potenza massima dell'impianto (26,6 MW)
- V_n = Tensione nominale delle sbarre AT (132 kV)

Pertanto, ipotizzando un valore di cos(φ) prossimo ad 1, si può ricavare il valore massimo della corrente di linea, pari a

$$I = \frac{P_n}{V_n * \sqrt{3} * \cos(\varphi)} = 116 \text{ A}$$

Una volta nota la corrente, si può calcolare la distanza R' dal centro geometrico dei conduttori (ovvero dal conduttore centrale) per la quale l'induzione magnetica non supera un valore desiderato tramite la formula approssimata proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11

$$R' = 0,34 * \sqrt{S * I}$$

dove S è la distanza tra i conduttori espressa in metri e I la corrente espressa in ampere.

Ipotizzando in modo molto cautelativo di voler verificare la distanza dai cavi per cui l'induzione magnetica non supera il valore di 3 μT, pari al valore degli obiettivi di qualità applicabili ad ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore, ed applicando la formula di cui sopra si ottiene un valore di circa **5,4 metri**, ovvero si ricade sempre all'interno dell'area recintata dell'ampliamento della stazione “Farneta RT”.

Nelle planimetria allegata **pvor_2_tav_04** è stata evidenziata, in via molto cautelativa, una fascia di 5,4 metri a partire dal conduttore più esterno, e non a partire dal conduttore centrale come previsto dalla norma CEI 106-11.

In altri termini, gli obiettivi di qualità sono pienamente rispettati anche in adiacenza alla recinzione perimetrale della stazione.

I calcoli confermano quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008, ovvero che la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'aerea di pertinenza della stazione in progetto;

All'interno della stazione “Farneta RT” e del relativo ampliamento non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

Va ricordato anche che la stazione si trova in un'area completamente disabitata con totale assenza di edifici nel raggio di almeno 300 metri.

Si può insomma affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della stazione è del tutto trascurabile.

Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti dell'impianto agri-fotovoltaico "Greppo", ed alle relative opere per la connessione alla rete, nei confronti dell'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. Lo studio condotto attesta la conformità delle opere dal punto degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi, vale a dire

- minimizzazione dei percorsi della rete
- tracciati degli elettrodotti al di fuori di centri abitati o di aree densamente popolate
- disposizione a fascio delle linee trifase con utilizzo di cavi ad elica

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo che per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne le sbarre ed i conduttori AT all'interno dell'ampliamento della stazione Farneta RT, è stato calcolato che la DPA ricade di fatto all'interno della stazione stessa e quindi non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di area a cui è consentito l'accesso solo a personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo.

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M. 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".