



PROVINCIA  
DI VITERBO



REGIONE  
LAZIO



COMUNE DI  
VITERBO

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA R.T.N. TERNA DELLA POTENZA DI PICCO 65,292 MW<sub>p</sub>

Denominazione Impianto: **IMPIANTO FOTOVOLTAICO "VITERBO 2"**

Ubicazione: **Comune di Viterbo**

**ELABORATO**  
02.VT2.RS.07

DOC.01.01.B

**STUDIO CAMPI ELETTROMAGNETICI**



CLEAN ENERGY NATURALLY

*Project - Commissioning - Consulting*  
CEN SRL  
STRADA DI GUINZA GRANDE  
1 INT. 2 CAP 01014  
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala:

Data:  
**12/06/23**

PROGETTO

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



**Il Richiedente:**

**CCEN Viterbo 2 S.r.l.**  
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8  
39100 BOLZANO  
KANZLEI ROEDL & PARTNER  
P IVA 03210110213

**Tecnici:**

Ing. Mauro Marchino - Albo Ingegneri Viterbo n° A666

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	26/02/2023	Emissione	MARCHINO	MARCHINO	MARCHINO
02					
03					
04					

**Firma Produttore**

**Firme**

## Indice generale

1	Premessa.....	2
2	Documenti di riferimento.....	2
3	Normativa di riferimento.....	2
4	Calcolo campi elettromagnetici.....	4
4.1	Campi elettromagnetici impianto agrivoltaiico.....	4
4.1.1	Moduli fotovoltaici.....	4
4.1.2	Inverter.....	4
4.1.3	Cabine elettriche di trasformazione e di campo.....	5
4.1.4	Linee elettriche in corrente alternata.....	6
4.2	Campi elettromagnetici delle opere connesse.....	7
4.2.1	Linee elettriche a 36 kV di connessione alla RTN.....	7
4.3	Analisi dei risultati ottenuti.....	10
5	Conclusioni.....	11

## 1 Premessa

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto Agrivoltaiico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

## 2 Documenti di riferimento

- 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".
- DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro" Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- 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."
- DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

## 3 Normativa di riferimento

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

- “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  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art. 3, comma 1];
- “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  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.” [art. 3, comma 2];
- “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  $\mu$ 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]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 $\mu$ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: “Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.

L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 1: Limiti di esposizione

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Tabella 2: Valori di attenzione in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti, a permanenze non inferiori a 4 ore

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Tabella 3: Obiettivi di qualità all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate

## 4 Calcolo campi elettromagnetici

### 4.1 Campi elettromagnetici impianto agrivoltaiico

#### 4.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### 4.1.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia

l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- I livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- 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. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto Agrivoltaiico.
- La componente continua immessa in rete: il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

### 4.1.3 Cabine elettriche di trasformazione e di campo

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche con trasformatori 800 V/36 kV di taglia massima pari a 6000 kVA.

La presenza del trasformatore viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel citato cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

Dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

$I$ = corrente nominale (A)

$x$ = diametro dei cavi (m)

Considerando che  $I \approx 3500$  A nel caso peggiore di cabina da 6 MW, e considerando blindosbarre di rame da 4250 A con sezione di 2240 mm<sup>2</sup> sul lato BT (tensione 800 V) del trasformatore, equivalenti in prima approssimazione ad un conduttore di rame tondo da 53,4 mm di diametro si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 6 m.

In conclusione l'obiettivo di qualità dei 3  $\mu$ T è rispettato ad una distanza di 6 metri dal trasformatore. Se poi si tiene conto che

- i trasformatori sono alloggiati in una cabina
- le cabine sono posizionate all'interno dell'area dell'impianto agrovoltaiico
- che l'accesso al locale del trasformatore non è possibile con impianto in funzione;
- che per i locali adiacenti alle cabine di trasformazione non è prevista la presenza continuativa di personale

se ne deduce che il campo elettromagnetico è da considerarsi irrilevante.

#### **4.1.4 Linee elettriche in corrente alternata**

Per il calcolo e la modellazione delle DPA in riferimento ai cavi AC interni all'impianto fotovoltaico si considera preponderante l'utilizzo di cavi elicordati, da cui si assume quanto riportato nelle norme CEI 106-11 e CEI 11-17.

Difatti, sia all'interno della norma CEI 106-11, sia secondo quanto riportato nelle linee guida ENEL "Campi magnetici da correnti a 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", l'effetto dovuto alla cordatura dei differenti conduttori anche grazie alle distanze ridotte e alla continua trasposizione tra di essi, fa risultare che l'obiettivo qualitativo dei 3 $\mu$ T sia raggiungibile a distanze approssimativamente inferiori ad 1 m, anche (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso, come visibile in Figura.

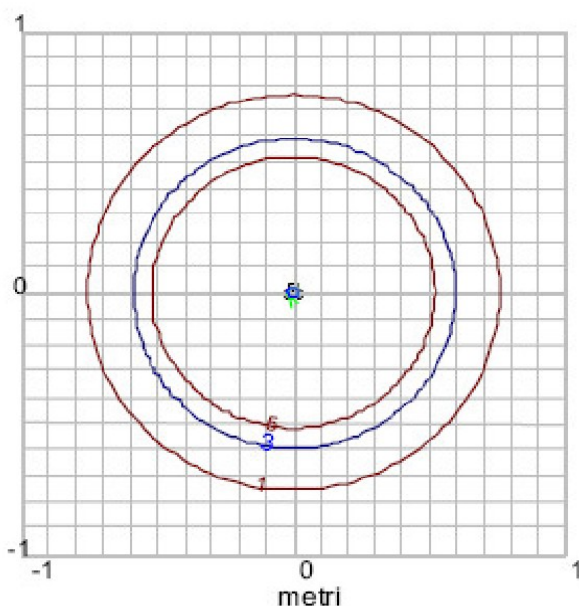


Figura 1: Curve di equivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato/interrata (dalla Norma CEI 106-11)

Si fa notare peraltro che anche il più recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

## 4.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse

### 4.2.1 Linee elettriche a 36 kV di connessione alla RTN

Per il calcolo e la modellazione delle DPA in riferimento all'elettrodotto interrato nella tratta di collegamento tra la cabina di consegna a 36 kV di impianto e la nuova Stazione Elettrica della RTN di Terna di Tuscania si prevede una configurazione che comprende l'utilizzo di tre terne di cavi del tipo unipolare ARG7H1R 36 kV di sezione  $3X(3X1X630\text{mm}^2)$  con conduttore in alluminio compatto. Si sono assunti per il calcolo i seguenti parametri, adottando la tipologia di posa con cavi unipolari all'interno di una trincea con profondità di 1,4 m e con una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W ed il valore di portata nominale di ciascun conduttore di 706 A. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

Di seguito si riporta la tipologia di posa:



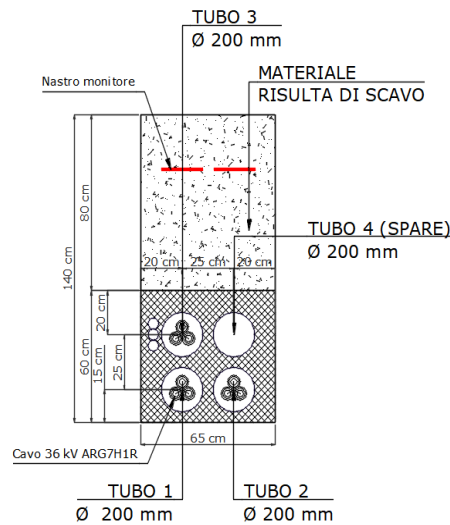


Figura 2: Sezione di posa tipo - Scavo in banchina stradale/Terreno naturale

Secondo quanto riportato nel DM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule dettagliate nella norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Per il calcolo si è utilizzato il software <https://www.webnir.eu/> sviluppato nell'ambito dei progetti INAIL ex bando Bric-2016 da parte dell'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC), facente parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

Sulla base delle dimensioni e della geometria del cavidotto si ottengono i seguenti risultati:

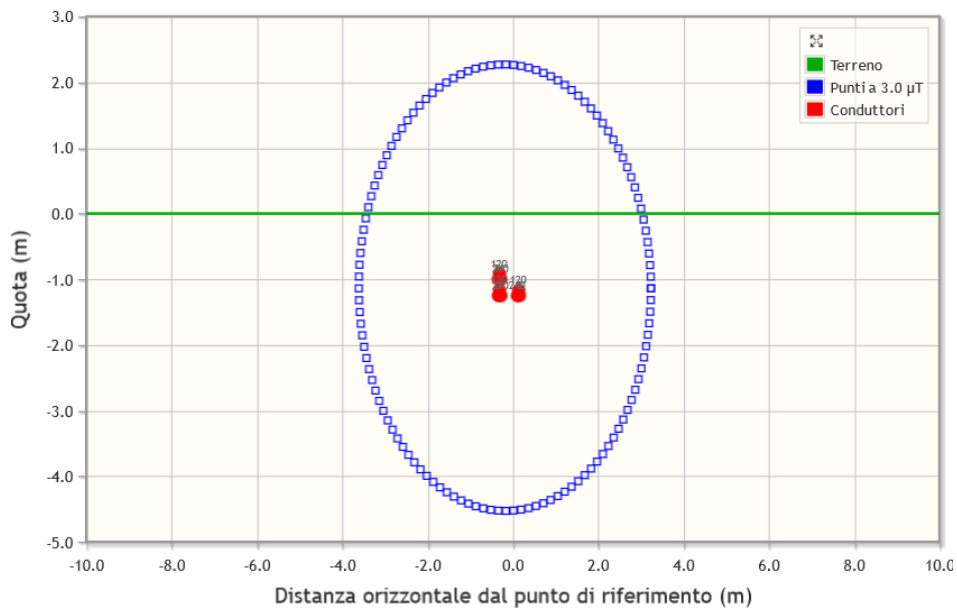


Figura 3: Curva dei punti a 3  $\mu T$

La curva calcolata rappresenta il luogo dei punti con il valore del campo magnetico di 3  $\mu T$ : come si evince, ad una distanza maggiore di circa 3,5 metri dall'asse dell'elettrodotto il campo l'obiettivo di qualità dei 3  $\mu T$  è rispettato.

Al fine di fornire un valore più fruibile, si approssimerà il valore all'unità intera più vicina, in questo caso il valore della fascia di rispetto è pari a 4 m per parte rispetto l'asse del cavidotto.

Non si ravvisano ricettori all'interno della fascia di tracciato di posa dei cavi (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) anche perché l'elettrodotto passa o in banchina/fiancheggiamento della viabilità esistente o in aperta campagna.

Non si ritiene necessario rappresentare il calcolo del campo elettrico inerente alla linea in esame in quanto, trattandosi di cavo provvisto di schermatura, il campo elettrico esterno alla schermatura risulterebbe nullo.

### 4.3 Analisi dei risultati ottenuti

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3  $\mu T$ , sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto a 36 kV; è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritta intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva massima di circa 4 m dalla mezzeria del cavidotto in questione.

D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano principalmente sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di

recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 6 m attorno alle cabine di trasformazione.

## 5 Conclusioni

Per le opere assoggettabili al DM 29.05.08, si possono dedurre le seguenti conclusioni:

- i moduli fotovoltaici non risultano essere coinvolti nel calcolo CEM per la tipologia di tensione e corrente generate;
- per le cabine elettriche di conversione e trasformazione la DPA rispondente ai calcoli è pari a 6 m;
- per le linee interne all'impianto fotovoltaico a 36 kV relative le connessioni tra le cabine elettriche di conversione, essendo la tipologia di posa elicordata non è necessario assumere alcuna DPA;
- per il cavidotto di collegamento della cabina colletttrice d'impianto con la futura SE RTN di Terna, considerata la configurazione complessa con una coppia di terne di sezione uguale poste nello stesso scavo viene assunta una DPA di 4 m per lato dall'interasse del cavidotto.

In conclusione, secondo i criteri di valutazione adottati e sopraesposti, non sono rilevabili rischi specifici a carico della salute umana attribuibili alla propagazione di campi elettromagnetici, tanto meno in aree che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.