

**REGIONE SARDEGNA**  
**Provincia di Oristano**  
*Comune di San Nicolò D'Arcidano*

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI  
UN LOTTO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI DENOMINATO  
"SNARC\_TERRA ZIRINGONIS" DELLA POTENZA  
NOMINALE DI 22,78 MWp E DELLE RELATIVE OPERE  
DI CONNESSIONE, DA REALIZZARE SULLA EX CAVA  
"TERRA ZIRINGONIS" IN ZONA D.4.1 DEL COMUNE DI  
SAN NICOLO' D'ARCIDANO**

PROPONENTE	<b>GREEN SOLE s.r.l.</b> Piazza Walther Von Vogelweide, 8 39100 Bolzano
------------	---

PROGETTO DEFINITIVO  OGGETTO: <b>RELAZIONE SUGLI EFFETTI ELETTROMAGNETICI</b>	<small>COMMESSA</small> <b>05_2020</b>  <div style="background-color: #2c5e7a; color: white; padding: 10px; font-size: 2em; font-weight: bold;">             PD R08           </div>
--	---

IL PROGETTISTA  <p style="text-align: center;"><b>ing. giuseppe pipitone</b>          via libero grassi, 8          91011 Alcamo (TP)          ing.giuseppipitone@gmail.com          PEC: giuseppe.pipitone@ordineingegneritrapani.it</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	GRUPPO DI LAVORO - ing. Bruno Manca - ing. Mauro Amendola - SIC s.r.l. - Renova s.r.l. - dott. geol. Cosima Atzori - ing. Silvia Exana - ing. Ilaria Giovagnorio - ing. Alessandra Scalas
--	---

TIMBRO E FIRMA REDATTORE  <div style="text-align: center;">    </div>	TIMBRO DEL PROPONENTE
---	-----------------------

REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
01	dic 2022	modifiche			
00	apr 2020	emissione	ing. g. d'annibale	ing. d. bonafede	ing. g. pipitone

FORMATO: ISO A4 - 210 x 297	FILE DI ELABORAZIONE: Snarc_Terra Ziringonis_PD_R08_Relazione sugli effetti elettromagnetici.doc	FILE DI STAMPA: Snarc_Terra Ziringonis_PD_R08_Relazione sugli effetti elettromagnetici.pdf	SCALA: -
--------------------------------	---	---	-------------

## **SOMMARIO**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
<b>3. FINALITÀ</b>	<b>3</b>
<b>4. ANALISI</b>	<b>4</b>
4.1 CABINE DI TRASFORMAZIONE	4
<i>Cabina di trasformazione campo fotovoltaico</i>	4
4.2 CAVIDOTTI MT	6
4.3 LINEA MT IN USCITA DAL TRASFORMATORE	7
4.4 LINEA MT IN USCITA DAL QUADRO DI PARALLELO DEI CAMPI FOTOVOLTAICI	8
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>10</b>

## 1. Introduzione

Il progetto prevede la realizzazione di un lotto costituito da **n. 3** impianti di produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaico da fonte solare, con potenza di picco di **22,78 MWp**, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli che costituiscono il generatore fotovoltaico, ed una potenza massima erogabile pari a **18,00 MVA**, intesa come minor valore tra la potenza nominale del generatore fotovoltaico in condizioni STC e la potenza nominale del gruppo di conversione ai sensi della norma CEI 0-16. Il lotto di impianti di produzione, denominato **SNARC\_TERRA ZIRINGONIS**, sarà installato a terra all'interno dell'area industriale del Comune **San Nicolò D'Arcidano (OR)**, in **contrada Terra Ziringonis**, su strutture di supporto fisse tipo PEG con moduli in silicio monocristallino tecnologia PERC da **505 Wp** e sarà connesso alla rete elettrica MT tramite tre distinte linee interrate in MT a 15 kV ad una nuova stazione elettrica di smistamento RTN.

Il terreno è annotato al N.C.T. del Comune di **San Nicolò D'Arcidano** al foglio di mappa n. **14** particelle n. **48-49-50-316**, ed è identificato alle seguenti coordinate satellitari:

Latitudine: **39°39'29.53"N (39.656535°)**; Longitudine: **8°39'2.36"E (8.650656°)**

L'impianto in oggetto è un impianto di produzione di **categoria II** con connessione in Media Tensione a **15 kV e 50 Hz** con cabina propria di nuova installazione.

Ogni impianto fotovoltaico di cui è costituito il lotto è suddiviso in n. **2** campi ognuno dei quali è collegato ad una cabina di trasformazione BT/MT contenente un in resina a bassissime perdite da **3.150 kVA**.

## 2. Normativa di riferimento

Si riportano di seguito i principali riferimenti Legislativi e Normativi sull'argomento:

DL 81/2008 del 09/04/2008 - Testo Unico in materia di sicurezza sui luoghi del lavoro; attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n° 123;

Legge N°186 del 1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici;

Legge N°791 del 18/10/1977 Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

DM N°37 del 22/01/2008 (Nuova Legge 46/90) Norme per la sicurezza degli impianti;

DL 29/05/2008 Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Supplemento ordinario N°160 alla Gazzetta Ufficiale 5 Luglio 2008 N°156);

DPCM 08/07/2003 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti;

DK 5600 – Giugno 2006 Ed. V – Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT di distribuzione (riferimento oramai superato dalla CEI 0-16 ma richiesto da ENEL nella redazione della sua pratica);

CEI 11-1 e sua variante V1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata (EX SC 11A);

CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;

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;

CEI 106-12 Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT;

CEI 17-13/1 (CEI EN 60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

EI 44-5 (CEI EN 60204-1) Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine;

EI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 100 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua;

CEI 81-10/1/2/3/4 (CEI EN 62305-1-2-3-4) Protezione contro i fulmini;

CEI 0-14 DPR 22 ottobre 2001, n.462. Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;

CEI 0-15 Manutenzione delle cabine elettriche MT/Bt dei clienti/utenti finali.

### 3. Finalità

Lo scopo progettuale è quello di fornire una relazione di calcolo previsionale del campo magnetico prodotto da ciascuna cabina BT/MT prevista nell'impianto, in applicazione del DPCM 08/08/2003.

In attuazione della legge 22/02/2001 n.36, con il DPCM 08/08/2003 sono stati stabiliti i seguenti limiti relativi all'induzione magnetica:

- Limiti di esposizione, con riferimento agli effetti acuti: **100  $\mu$ T**;

- Valori di attenzione, per prevenire eventuali effetti a lungo termine nei luoghi occupati dalle persone almeno 4h/g: **10  $\mu$ T**;
- Obiettivi di qualità, al fine di limitare l'esposizione nei nuovi impianti e costruzioni: **3  $\mu$ T**.

## 4. Analisi

### 4.1 Cabine di trasformazione

Per le cabine presenti è possibile estrapolate le curve isomagnetiche a varie distanze, applicando la seguente formula, valida prendendo come riferimento il centro del trasformatore, ovvero il luogo di una cabina elettrica ove il campo magnetico risulta più elevato.

$$B = 5 \times \frac{U_{cc}}{6} \times \sqrt{\frac{S_r}{630} \times \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}}$$

dove:

- **B** è l'induzione magnetica;
- **U<sub>cc</sub>** è la tensione percentuale di cortocircuito del trasformatore;
- **S<sub>r</sub>** è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- **a** è la distanza dal trasformatore in metri.

#### Cabina di trasformazione campo fotovoltaico

Ogni campo fotovoltaico è dotato di propria cabina di trasformazione BT/MT con un trasformatore avente le seguenti caratteristiche.

CARATTERISTICHE TECNICHE TRASFORMATORI		
Potenza nominale	kVA	<b>3.150</b>
Frequenza nominale	Hz	<b>50</b>
Tensione nominale primaria	kV	<b>15</b>
Tensione nominale secondaria a vuoto	V	<b>600</b>
Tensione di isolamento primario	kV	<b>17,5/38/95</b>
Tensione di isolamento secondario	kV	<b>1,1 - 3</b>
Tensione di cortocircuito V <sub>cc</sub> %	%	<b>6</b>
Perdite a vuoto P <sub>o</sub>	W	<b>3.420</b>
Perdite in cortocircuito P <sub>cc</sub> (120°)	W	<b>22.000</b>
Corrente a vuoto I <sub>o</sub>	%	<b>0,40</b>
Simbolo di collegamento		<b>Dyn11</b>

Tabella 1. Caratteristiche del trasformatore di campo

Applicando l'espressione matematica al nostro caso in esame è possibile ottenere quanto segue:

DISTANZA a [m]	INDUZIONE MAGNETICA B [ $\mu$ T]
1	242,32
1,25	129,73
1,5	77,86
1,75	50,57
2	34,79
2,25	25,02
2,5	18,63
2,75	14,26
3	11,18
3,25	8,94
3,5	7,26
3,75	5,99
4	5,00
4,25	4,22
4,5	3,59
4,75	3,09
<b>5</b>	<b>2,67</b>

Tabella 2. Variazione dell'induzione magnetica con la distanza

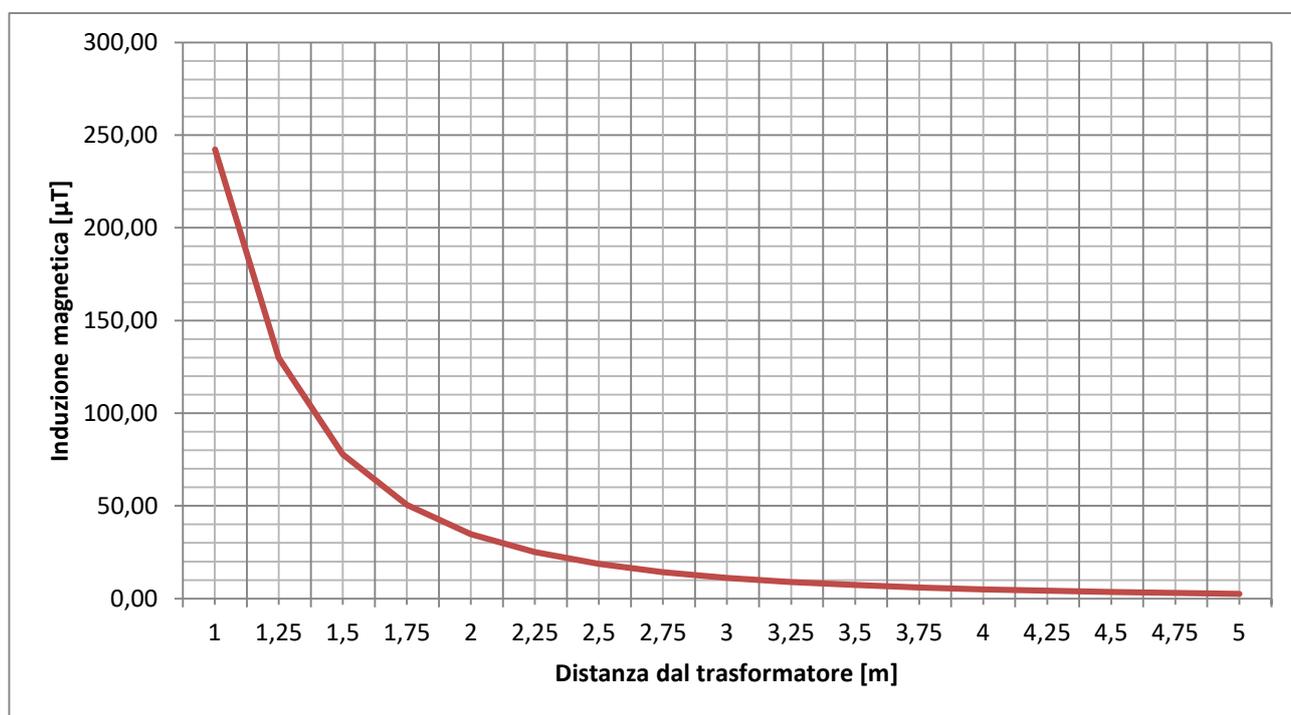


Figura 1. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore



Figura 2. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore

Tale analisi mostra che in riferimento alla cabina ed al trasformatore previsto, l'induzione magnetica scende sotto il valore di 3 µT ad una distanza di **4,80 m** circa. Tale valore sarà arrotondato per eccesso a **5,00 m** in via cautelativa.

L'impianto fotovoltaico, per la sua stessa natura, non è presidiato continuamente da personale anche perché dotato di sistemi di telecontrollo e di gestione remota, ed inoltre i valori considerati si riferiscono ad una situazione che è possibile verificarsi per qualche ora al giorno e per qualche periodo dell'anno.

#### 4.2 Cavidotti MT

Con riferimento ai cavi MT interrati e per un sistema trifase bilanciato (corrente nulla al centro stella) come nel nostro caso, il campo di induzione magnetica **B** ad una certa distanza **r** può essere calcolato con la formula:

$$B = 0,346 \times \frac{(I \times D)}{r^2}$$

e quindi

$$r = \sqrt{0,346 \times \frac{(I \times D)}{B}}$$

dove:

- $B$  è l'induzione magnetica espressa in [ $\mu T$ ];
- $I$  è la corrente che percorre il cavo in [A];
- $D$  è la distanza tra i conduttori espressa in [m];
- $r$  è la dalla conduttura espressa in [m].

Nel nostro caso ponendo  $B = 3 \mu T$ , che indica il valore dell'induzione magnetica per il quale è rispettato il limite normativo di qualità.

Gli impianti, nel loro complesso, avranno due tipo di cavidotti MT:

1. in uscita dai trasformatori BT/MT da **3.150 kVA** a **15 kV** realizzati con linee in cavo da **50 mm<sup>2</sup>**;
2. in uscita dal quadro di parallelo MT dei campi fotovoltaici realizzate con linee in cavo da **240 mm<sup>2</sup>**.

Questi ultimi saranno percorsi da una corrente doppia rispetto a quella circolante nei conduttori delle linee MT in uscita dai singoli trasformatori. Per semplicità di farà riferimento, in maniera cautelativa, alla corrente nominale del trasformatore sul lato secondario a 15 kV.

La corrente nominale  $I$  del trasformatore si calcola con la seguente formula:

$$I = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_r}$$

dove:

- $S_r$  è la potenza apparente nominale del trasformatore espresso in [VA];
- $U_r$  è la tensione nominale di riferimento (**15.000 V** lato MT).

Questa sarà la corrente che attraverserà i conduttori MT in uscita dal trasformatore di ogni singolo campo (valore massimo ipotizzato in via cautelativa), pari a **121,24 A**.

### **4.3 Linea MT in uscita dal trasformatore**

Per quanto riguarda la linea MT in cavo interrata in uscita dal trasformatore, ipotizzando una distanza  $D$  tra i conduttori di circa **0,05 m (5 cm)**, avendo calcolato una corrente  $I$  pari a **121,24 A**, la distanza minima  $r$  dovrà essere pari a **0,83 m**.

In considerazione della profondità di posa dei cavi MT prevista in fase progettuale e pari a **0,90 m** circa, sulla superficie calpestabile avremo un valore di induzione magnetica inferiore al valore di **3  $\mu T$** .

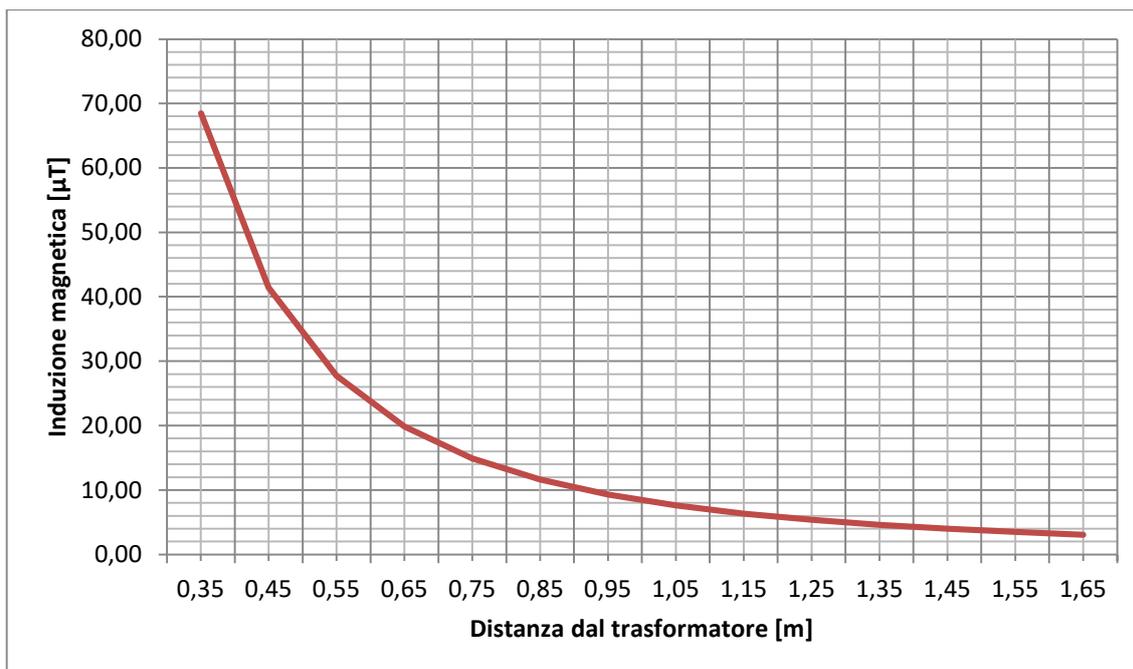


Figura 3. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

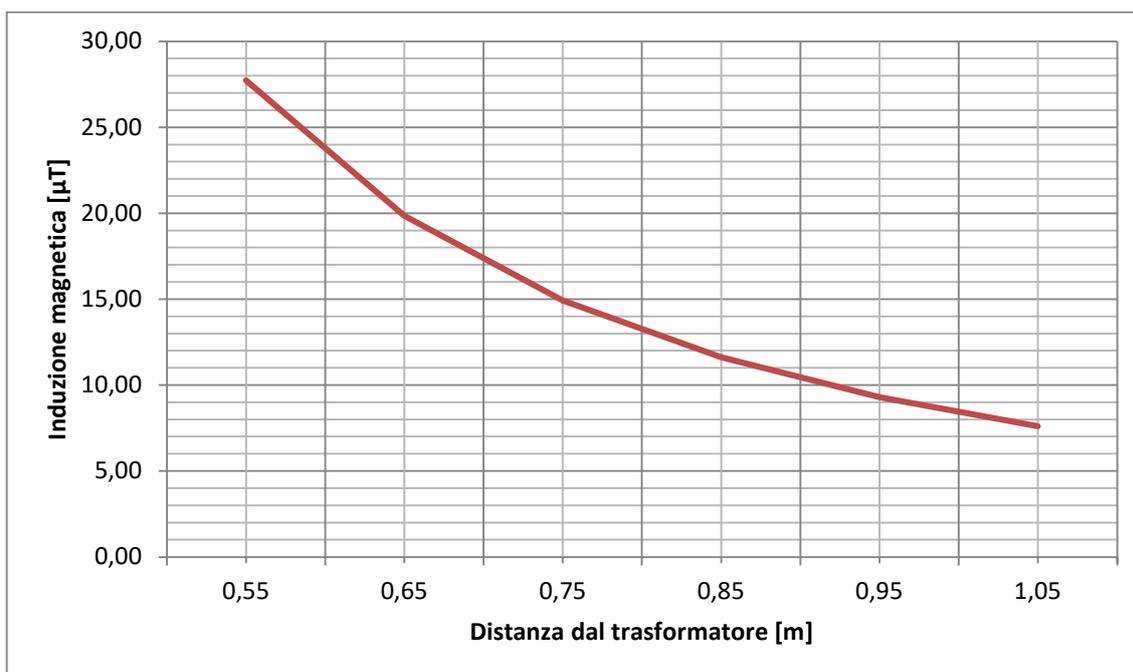


Figura 4. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

#### 4.4 Linea MT in uscita dal quadro di parallelo dei campi fotovoltaici

Per quanto riguarda la linea MT in cavo interrata in uscita dal quadro di parallelo MT, ipotizzando una distanza  $D$  tra i conduttori di circa **0,1 m (10 cm)**, essendo la corrente  $I$  in valore doppio rispetto al caso precedente e dunque pari a **242,48 A**, la distanza minima  $r$  dovrà essere pari a **1,67 m**.

In considerazione della profondità di posa dei cavi MT prevista in fase progettuale e pari a **0,90 m** circa, sulla superficie calpestabile avremo una distanza minima di rispetto pari a circa **1,45 m** per ottenere un valore di induzione magnetica inferiore al valore di **3  $\mu$ T**.



Figura 5. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

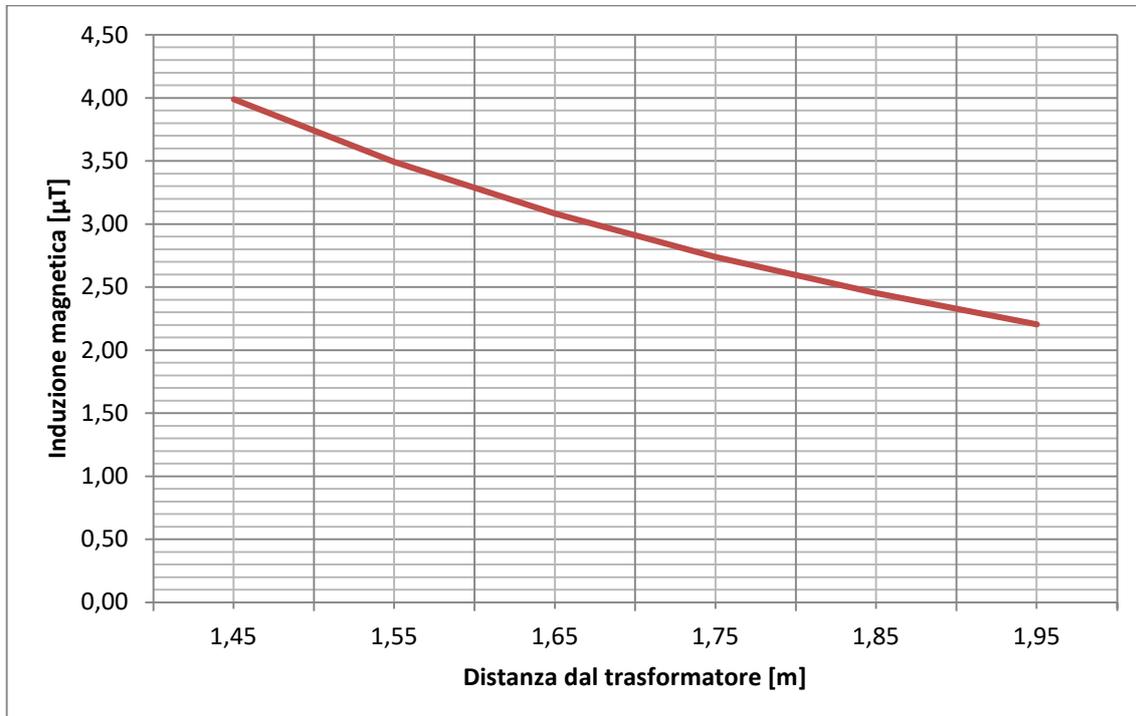


Figura 6. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

## 5. Conclusioni

Secondo quanto esplicito nei paragrafi precedenti, si precisano i seguenti aspetti prima di formulare le conclusioni:

1. Le cabine che saranno realizzate a servizio dell'impianto fotovoltaico costituiscono un'attività ritenuta non affine con le attività non ammesse dalla Legge Quadro N°36 del 22 Febbraio 2001 in cui si dice: “(art. 4 - comma 1 - lettera h) all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore”;
2. La parte di fascia di Dpa in cui ricadono le cabine ed i cavidotti, sicuramente non saranno sede di attività con permanenze superiori alle 4 ore;
3. Tutti gli impianti elettrici e le apparecchiature di progetto per le cabine, saranno conformi alle Norme e ai Decreti e Leggi vigenti in materia;
4. Le installazioni delle apparecchiature elettriche delle cabine sono state previste secondo le indicazioni della Guida CEI 106-12.

Pertanto nelle fasce attorno alla cabina ed ai cavidotti MT avente distanza pari a **Dpa** i valori di induzione magnetica sono sicuramente inferiori ai valori stabiliti nell'obiettivo qualità di 3  $\mu$ T.