IMPIANTI AGROVOLTAICI S'Arrideli e Narbonis **COMUNE DI URAS**

PROPONENTE

CVA.

CVA EOS s.r.l.
via Stazione 31
11024 Châtillon (AO)

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

CODICE ELABORATO

VIA
R16.2

OGGETTO:
Relazione campi elettromagnetici Narbonis

COORDINAMENTO

bm!

BRUNO MANCA | STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA
CENTRO COMMERCIALE LOCALITA' "PINTOREDDU", SN
STUDIO TECNICO I° PIANO INTERNO 4P 09028 SESTU
+39 347 5965654 P.IVA 02926980927
SDI: W7YVJK9 ATTESTATO ENAC N° I.APRA.003678
INGBRUNOMANCA@GMAIL.COM PEC: BRUNO.MANCA@INGPEC.EU
WWW.BRUNOMANCA.COM WWW.UMBRAS360.COM

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
Dott. Ing. Fabio Massimo Calderaro
Dott. Giulio Casu
Dott. Agr. Federico Corona
Dott.ssa Ing. Silvia Exana
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Dott. Nat. Fabio Schirru
Dott. Archeol. Matteo Tatti

REDATTORE

Dott. Ing. Giuseppe Pipitone

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
00	dicembre 2021	Prima emissione

FORMATO
ISO A4 - 297 x 210

CVA EOS s.r.l. - TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE

E SOMMARIO

1. INTRODUZIONE ____ **2**

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO ____ **5**

3. FINALITÀ ____ **6**

4. ANALISI ____ **6**

4.1 CABINE DI TRASFORMAZIONE ____ 6

Cabina di trasformazione campo fotovoltaico ____ *7*

4.2 CAVIDOTTI MT ____ 9

4.3 LINEA MT IN USCITA DAL TRASFORMATORE ____ 10

4.4 LINEA MT IN USCITA DAL QUADRO DI PARALLELO DEI CAMPI FOTOVOLTAICI ____ 11

5. CONCLUSIONI ____ **13**

1. Introduzione

Il progetto prevede la realizzazione di un lotto costituito da **n. 2** impianti fotovoltaici, è ubicato in agro del Comune di Uras (Provincia di Oristano) e si sviluppa su un'area di circa 20 ha.

Anche le realizzande opere di connessione alla rete elettrica del distributore, peraltro estremamente ridotte come estensione, ricadono per intero nel territorio dello stesso Comune di Uras.

Dal punto di vista catastale, le opere in progetto sono individuate all'interno dei seguenti Fogli di Mappa:

Foglio di mappa catastale del Comune di Uras n° 1: particelle n° 185 -333-334-335-539.

L'impianto nel suo complesso risulta costituito, come sopra anticipato, da un lotto di due impianti fotovoltaici, funzionalmente indipendenti, ciascuno dotato di propria infrastruttura per la connessione alla rete di distribuzione in media tensione a 15 kV di E-Distribuzione.

Il lotto d'impianti, pertanto, è costituito come segue:

Un primo impianto fotovoltaico (Impianto 1), di potenza nominale complessiva pari a 7,54 MWp, con le seguenti componenti principali:

- una cabina principale di impianto, per la connessione e la distribuzione (denominata Cabina Utente), nella quale verrà convogliata le linea MT che raccoglie l'energia prodotta dalle Power Station.
- N. 2 Power Station (PS) o cabine di campo che avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media; esse saranno collegate tra loro in entra-esce. Ciascuna PS raccoglie l'energia prodotta da uno dei due distinti sottocampi di cui si compone l'impianto 1, i quali hanno potenze pari a 3,77 MW.
- una linea MT di collegamento fra le due power station che trasporterà una potenza pari a circa 3,77 MW, mentre la linea uscente dall' ultima power station convergerà su un quadro MT a 15 kV verso la cabina utente con una potenza finale di 7,54 MW.
- i cavi provenienti dalle String Box che saranno collegati alle Power Station e che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie fra loro a gruppi di 26.

- i moduli fotovoltaici in numero di 13.000 saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno del tipo inseguimento fissate al terreno attraverso pali infissi;
- una cabina di consegna, conforme agli standard del distributore (E-distribuzione DG-2092), che consentirà il parallelo dell'impianto fotovoltaico con la rete del distributore in media tensione 15 kV; presso tale cabina verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche necessarie all'inserimento della nuova cabina di consegna nella rete del distributore, con collegamento in antenna dalla cabina primaria E-distribuzione "CP URAS".

Un secondo impianto fotovoltaico (Impianto 2), di potenza nominale complessiva pari a 7,54 MW, con le seguenti componenti principali:

- una cabina principale di impianto, per la connessione e la distribuzione (denominata Cabina Utente), nella quale verrà convogliata le linea MT che raccoglie l'energia prodotta dalle Power Station.
- N. 2 Power Station (PS o cabine di campo che avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media tensione; esse saranno collegate tra loro in entra-esce. Ciascuna PS raccoglie l'energia prodotta da uno dei due distinti sottocampi di cui si compone l'impianto 2, i quali hanno entrambi potenza pari a 3,77 MW;
- una linea MT di collegamento fra le due power station trasporterà una potenza pari a circa 3,77 MW, mentre la linea uscente dall' ultima power station convergerà su un quadro MT a 15 kV verso la cabina utente con una potenza finale di 7,54 MW.
- i cavi provenienti dalle String Box che saranno collegati alle Power Station e che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie fra loro a gruppi di 26.
- i moduli fotovoltaici in numero di 13.000 saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno del tipo inseguimento monassiale, fissate al terreno attraverso pali infissi.
- una cabina di consegna, conforme agli standard del distributore (E-distribuzione DG-2092), che consentirà il parallelo dell'impianto fotovoltaico con la rete del distributore in media tensione 15 kV; presso tale cabina verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche necessarie all'inserimento della nuova cabina di consegna nella rete del distributore, con collegamento in antenna dalla cabina primaria E-distribuzione "CP Uras".

Il lotto di impianti fotovoltaici sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione in media tensione 15 kV. L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita dagli inverter centralizzati, le quali vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà la trasformazione BT/MT. La linea in MT in uscita dai trasformatori BT/MT di ciascun sottocampo verrà, quindi, vettoriata verso la rispettiva cabina utente, dove avverranno le misure e la partenza verso ciascuno dei due distinti punti di consegna nella rete di distribuzione in media tensione, presso le cabine di consegna E-distribuzione, collegate in antenna alla Cabina Primaria AT/MT "CP Uras". Come già rappresentato nelle premesse, il generatore fotovoltaico è costituito da due diversi impianti, per un totale di n.4 sottocampi, di potenza variabile come di seguito rappresentato:

Lotto	Sottocampo	Potenza (kW)
Impianto 1	PS1	3.770
	PS2	3.770
Impianto 2	PS1	3.770
	PS2	3.770
Totale		**15.080,00 kW**

- *Tabella 1 - Suddivisione in sottocampi*

I moduli verranno installati su apposite strutture in acciaio zincato, del tipo inseguimento monoassiale fondate su pali infissi nel terreno.

Il generatore fotovoltaico, nella sua totalità costituito da due distinti impianti, presenta una potenza nominale complessiva pari a **15.080,00 kWp**, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni di prova standard (STC), ossia considerando un irraggiamento pari a 1000 W/m², con distribuzione dello spettro solare di riferimento (massa d'aria AM 1,5) e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

Il lotto di impianti fotovoltaici è composto complessivamente da 26.000 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, collegati in serie da 24 moduli tra loro cosi da formare gruppi di moduli denominati stringhe, la cui correnti vengono raccolte da inverter modulari centralizzati, in numero di due per ciascuna Power Station.

L'impianto in oggetto è un impianto di produzione di **categoria II** con connessione in Media Tensione a **15 kV** e **50 Hz** con cabine proprie 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 due trasformatori in resina a bassissime perdite da **1.600 kVA** ciascuno.

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 qualita 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 µT**;
- Valori di attenzione, per prevenire eventuali effetti a lungo termine nei luoghi occupati dalle persone almeno 4h/g: **10 µT**;
- Obiettivi di qualità, al fine di limitare l'esposizione nei nuovi impianti e costruzioni: **3 µT**.

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.

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

dove:

- **B** è l'induzione magnetica;
- **Ucc** è la tensione percentuale di cortocircuito del trasformatore;
- **Sr** è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- **a** è la distanza dal trasformatore in metri.

Cabina di trasformazione campo fotovoltaico (Power Station)

Ogni campo fotovoltaico è dotato di 2 cabine di trasformazione BT/MT (Power Station) contenenti ciascuna n. 2 trasformatori da 1.600 kVA ciascuno, aventi quindi le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE TRASFORMATORI		
Potenza nominale	kVA	**3.200**
Frequenza nominale	Hz	**50**
Tensione nominale primaria	kV	**15**
Tensione nominale secondaria a vuoto	V	**590**
Tensione di isolamento primario	kV	**17,5/50/95**
Tensione di isolamento secondario	kV	**1,1 – 3**
Tensione di cortocircuito Vcc%	%	**6**
Perdite a vuoto Po	W	**540**
Perdite in cortocircuito Pcc (120°)	W	**3.140**
Corrente a vuoto Io	%	**2,50**
Simbolo di collegamento		**Dyn11**

Tabella 2. 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 [µT]
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
5	**2,67**

Tabella 3. Variazione dell'induzione magnetica con la distanza

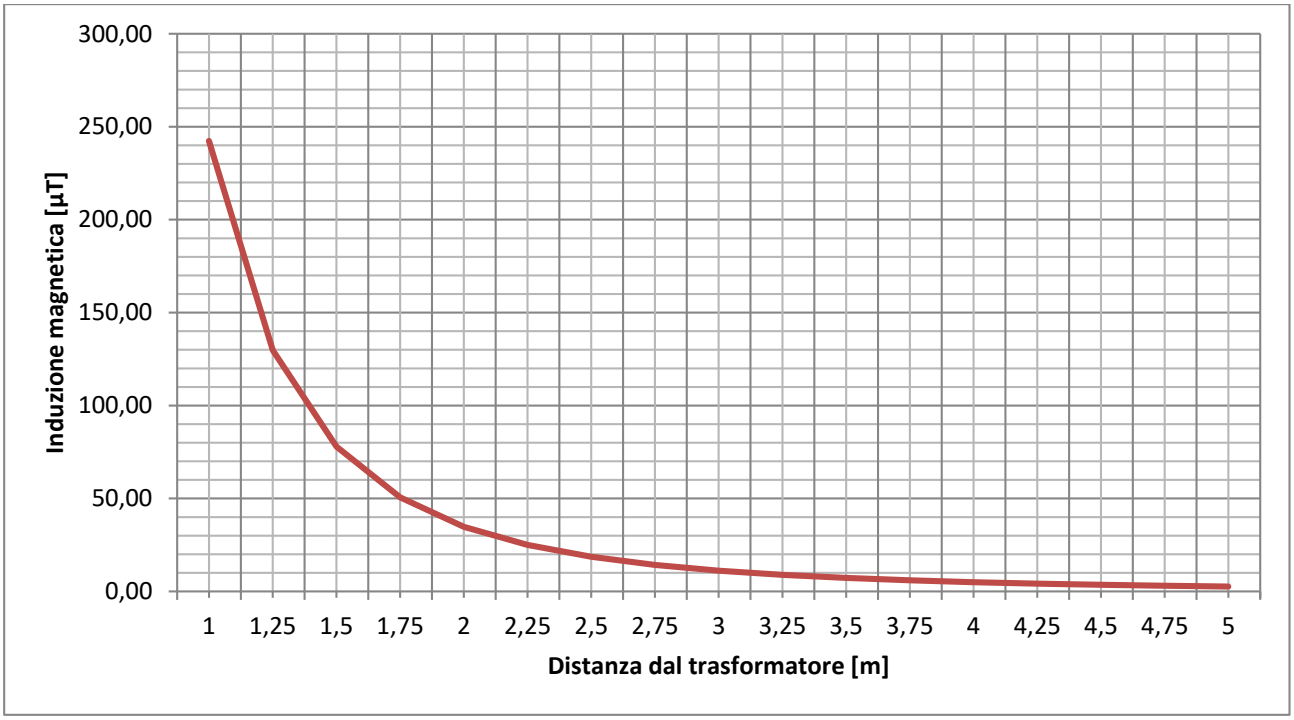

Figura 1. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore

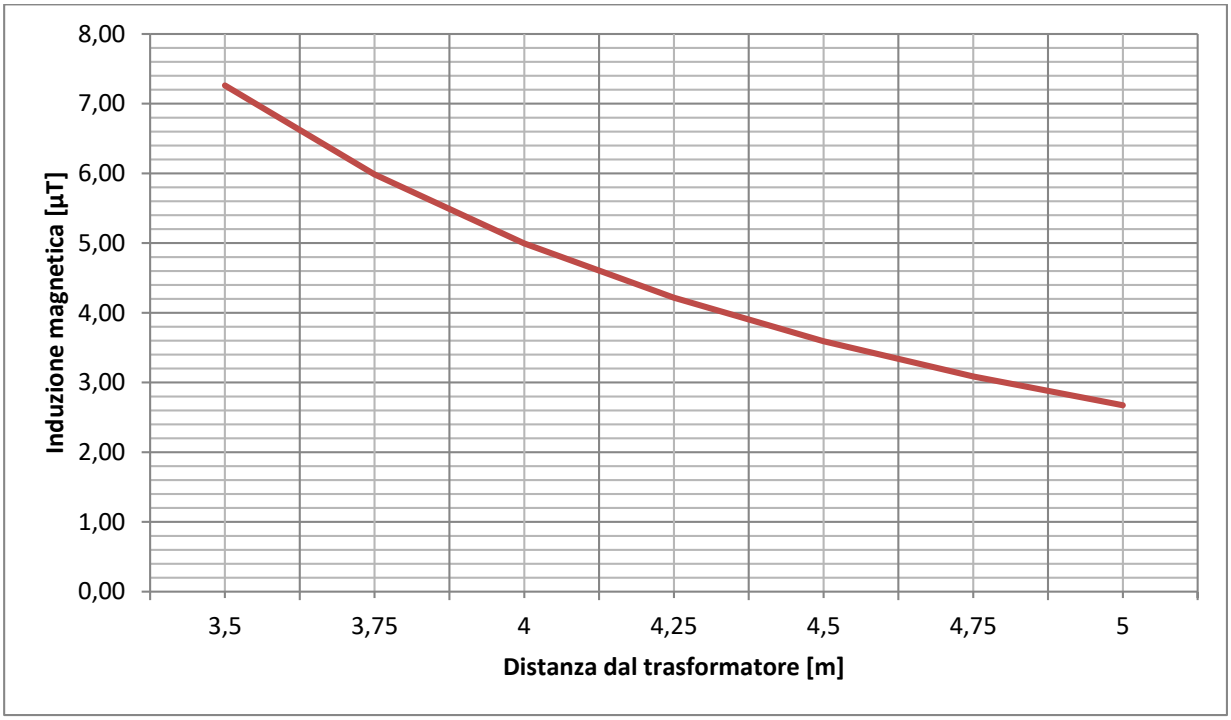

Figura 2. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal trasformatore

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 continuativamente 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:

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

e quindi

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

dove:

- ***B*** è l'induzione magnetica espressa in [µT];
- ***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 µT***, 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 **3.200 kVA** a **15 kV** realizzati con linee in cavo da **2x95 mm²**;
2. in uscita dal quadro di parallelo MT dei campi fotovoltaici realizzate con linee in cavo da **240 mm²**.

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

La corrente nominale $\boldsymbol{I}$ del trasformatore si calcola con la seguente formula:

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

dove:

- ***Sr*** è la potenza apparente nominale del trasformatore espresso in [VA];
- ***Ur*** 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 µT**.

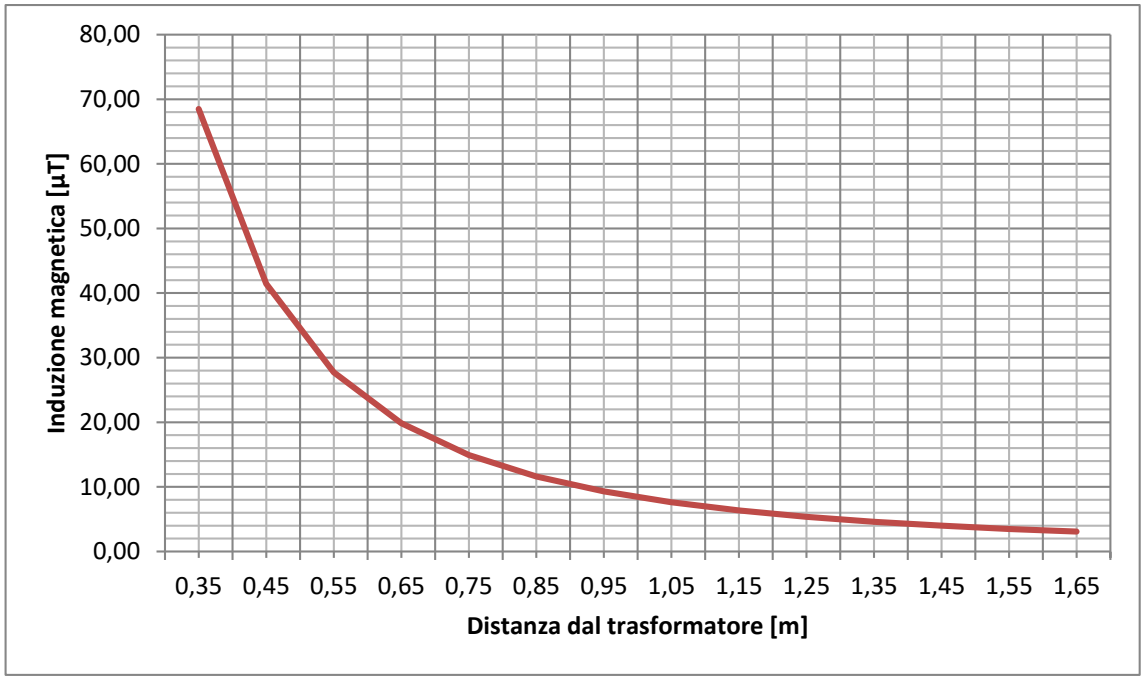

Figura 3. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

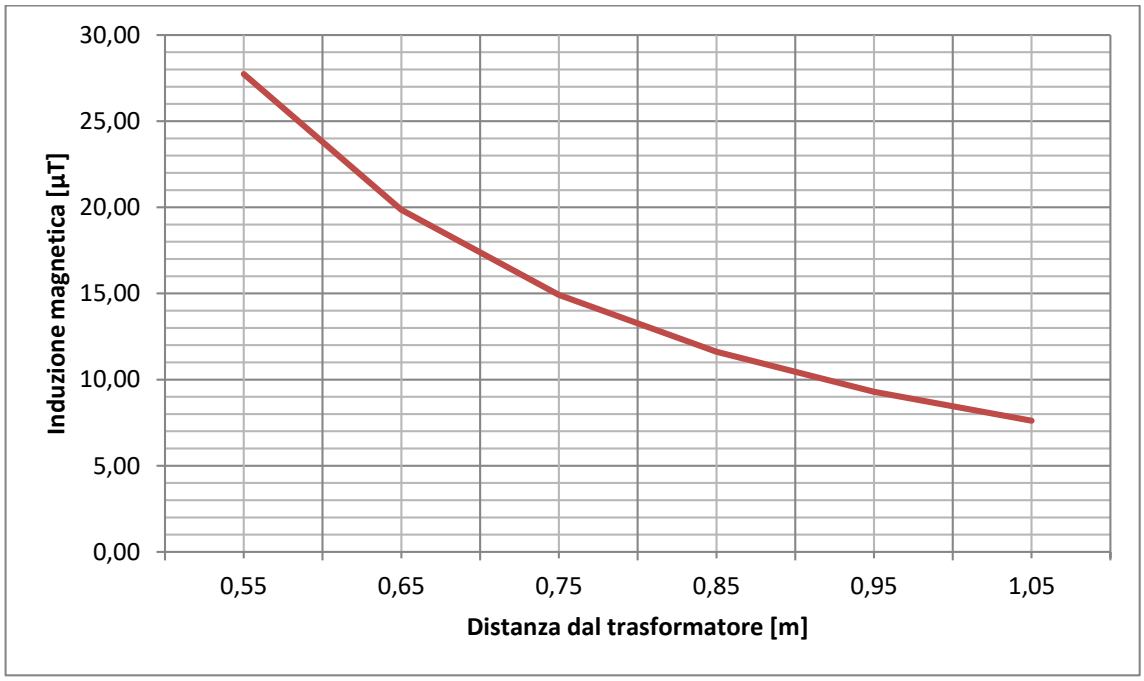

Figura 4. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

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 µT**.

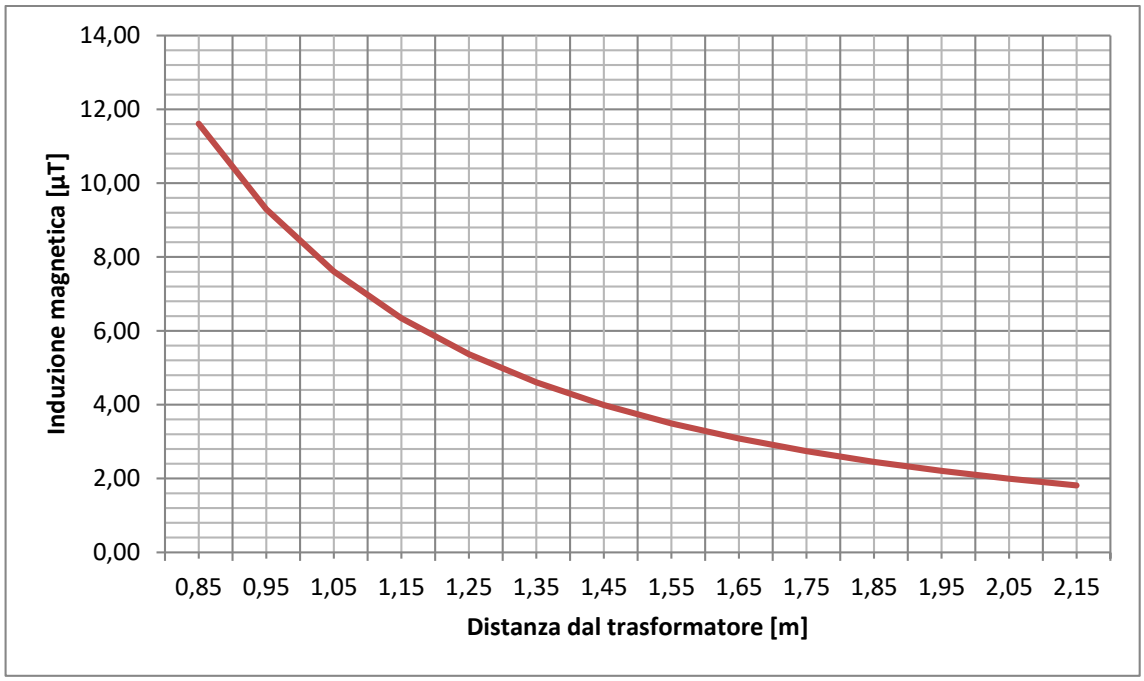

Figura 5. Andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

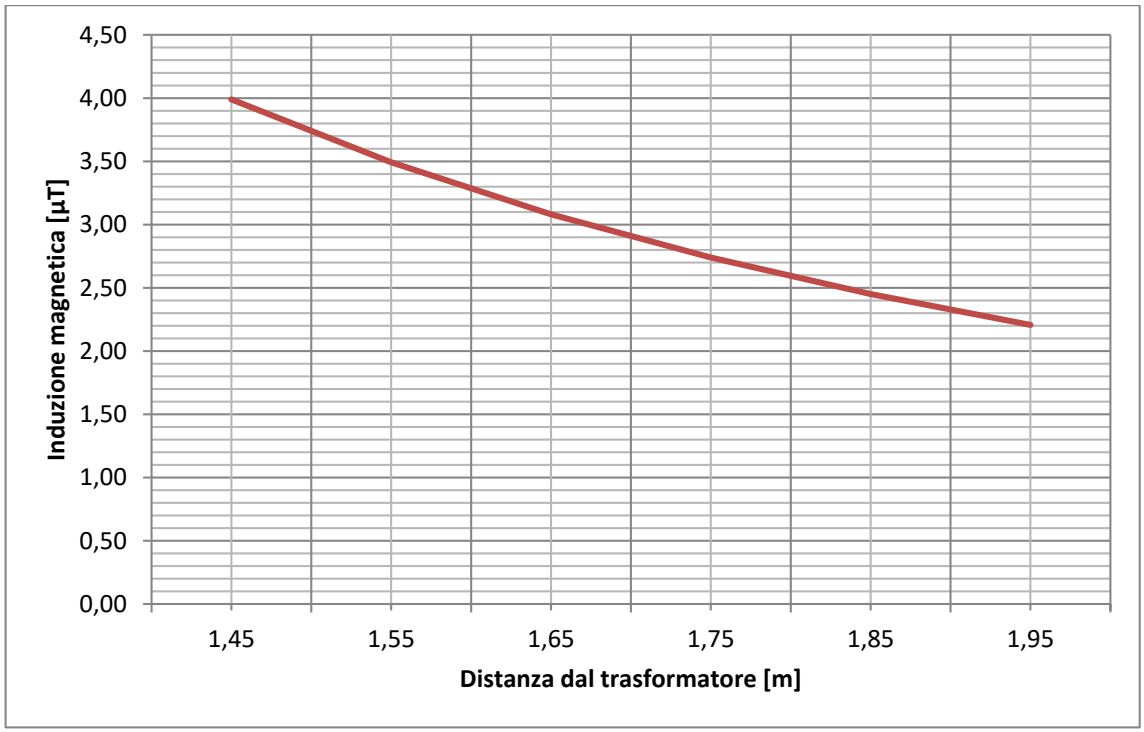

Figura 6. Particolare dell'andamento dell'induzione magnetica con la distanza dal cavidotto MT

5. Conclusioni

Secondo quanto esplicato 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 e 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 µT.