

PROPONENTE

**Repower Renewable Spa**

Via Lavaredo, 44  
30174 Venezia



PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants

LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italy  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 347

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE

Ingegnere Salvatore Caltabellotta



N° COMMESSA

**1539**

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO BELLANOVA 9,6 MW E OPERE DI CONNESSIONE  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI CUSTONACI (TP), CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP), BUSETO PALIZZOLO (TP)  
VALDERICE (TP), ERICE (TP), TRAPANI E MISILISCEMI (TP)**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

ALLEGATO B - RELAZIONE SPECIALISTICA SUI CAMPI  
ELETTROMAGNETICI E CALCOLO DPA

CODICE ELABORATO

**PTO.01.B**

NOME FILE: 347\_CARTIGLIO\_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	31/08/2023	PRIMA EMISSIONE	Ing. Salvatore Caltabellotta	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. DATI GENERALI DI PROGETTO .....</b>	<b>6</b>
3.1. Inquadramento territoriale .....	7
<b>4. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>14</b>
5.1. Linea 20 kV .....	15
<b>6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO .....</b>	<b>17</b>
6.1. Definizioni e terminologia .....	17
6.2. Cenni teorici sul modello utilizzato.....	17
6.3. Metodo di calcolo .....	18
6.4. Determinazione del campo di induzione magnetica e determinazione DPA.....	18
6.4.1. Linea interrata MT.....	18
6.4.2. Cabina primaria CP AT/MT.....	19
<b>7. CONCLUSIONI.....</b>	<b>22</b>

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico denominato "Bellanova" di potenza **9,6 MW**, ubicato nei Comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), e delle relative opere di connessione, proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 CAP 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** su di un'area di circa 19 ettari sita nel territorio comunale di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), costituito da tracker ad inseguimento solare monoassiale composti da 30 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila. Il Parco agrivoltaico sarà suddiviso in **3 aree d'impianto**, così nominate:
  - Area impianto "Forgia"
  - Area impianto "Guardia"
  - Area impianto "Susichio" ulteriormente suddiviso in due aree nominate **BS1** e **BS2**;

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività colturale e zootecnica
- **opere di mitigazione** come fasce arboree/arbustive lungo il perimetro esterno dell'impianto
- **opere civili e idrauliche** a servizio dell'impianto e della produzione agricola

Da un punto di vista elettromeccanico, per il sistema di conversione dell'energia elettrica si è ipotizzato di installare un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito; tale tecnologia prevede l'adozione di inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati all'interno del campo agrivoltaico in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori MT/BT 20/0.8 kV della taglia di 2.5 MVA e 1.25 MVA ubicati all'interno di apposite cabine di trasformazione all'interno del campo stesso (cabine di campo).

2. **Cavidotti interrati 20kV interni al sito** per collegare le cabine di campo alla cabina di consegna CC verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di consegna;
3. Una **cabina di consegna CC** (DG 2061 Ed.9) da cui partiranno i cavidotti MT a 20 kV verso uno stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci
4. **Cavidotti interrati 20kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC sita all'interno del campo agrivoltaico e lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
5. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE "Buseto" e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV, di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è **Capofila**.
6. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

La connessione alla rete MT di E-distribuzione è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica 347687734, ricevuta per l'impianto in oggetto da e-distribuzione S.p.A.

Il documento si propone di fornire una descrizione generale completa del **piano tecnico delle opere di rete E-distribuzione**, in particolar modo le opere ai punti **3 e 4** ovvero **una cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9) e i cavidotti interrati 20kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC sita all'interno dell'area d'impianto agrivoltaico denominata Forgia e lo **stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci**.



Figura 1. Schema generale d'impianto (in rosso inquadramento delle opere di rete e-distribuzione)

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”;
- Linea guida ENEL “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche)
- APAT “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);

### 3. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche delle opere di rete in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto opere di rete e-distribuzione

REPOWER RENEWABLE S.P.A	
<b>Dati area di progetto:</b>	Cabina di consegna: Comune di Custonaci (TP) Cavidotti interrati 20 kV esterni al sito: Comune di Custonaci (TP) Stallo di consegna in Cabina Primaria AT/MT Custonaci: Comune di Custonaci (TP)
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
<b>Tipologia Cabina di consegna:</b>	Cabina di consegna energia CC conforme alla specifica di E-Distribuzione "DG2061 ed.9"
<b>Tipologia Cavidotti interrati 20 kV:</b>	Cavi unipolari RG7H1R(X) 12/20 kV da 240 mm <sup>2</sup>
<b>Caratterizzazione urbanistico/vincolistica:</b>	Programma di Fabbricazione di Custonaci Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
<b>Coordinate Cabina di Consegna</b>	38° 2'38.46"N, 12°42'21.59"E
<b>Coordinate baricentrica Cavidotti 20 kV</b>	38° 2'36.44"N, 12°41'11.29"E
<b>Coordinate Stallo di Consegna/Cabina Primaria Custonaci</b>	38° 3'31.30"N, 12°41'7.07"E

### 3.1. Inquadramento territoriale

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Bellanova nei comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP) e delle opere di rete e-distribuzione nel comune di Custonaci (TP). Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Custonaci è interessato dall'area d'impianto "Forgia", **dalla cabina di consegna**, da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito e **dai cavidotti interrati 20kV esterni al sito di collegamento con uno stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci**;
- il Comune di Castellammare del Golfo è interessato dalle aree d'impianto "Guardia" e "Susicchio" e da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito
- il Comune di Buseto Palizzolo è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Valderice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Erice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Trapani è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto e dallo stallo a 150 kV ad Ospedaletto.
- Il Comune di Misiliscemi è interessato dall'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

Le opere di rete si trovano all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-II-SO -Buseto Palizzolo e 248-III-SE-Erice.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 593130, 593090.
- Fogli di mappa nn. 113, 118, 182 nel Comune di Custonaci (TP)

Di seguito una tabella che riassume le particelle interessate dalla realizzazione delle opere di rete e-distribuzione e le strade percorse dal cavidotto di collegamento tra la Cabina di Consegna e lo stallo di consegna nelle Cabina Primaria AT/MT Custonaci:

Tabella 2. Particelle catastali interessate dalle opere di rete E-distribuzione

Opere di rete	Comune	Foglio	Particelle
<b>Cabina di consegna</b>	Custonaci	118	69
<b>Cavidotto 20 kV (Cabina di consegna – CP Custonaci)</b>	Custonaci	182	93, 94, 95, 524, 526, 529, 309, 428, 308, 356, 504
		113	562, 563, 564, 567, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 577, 581, 88, 586, 588, 617, 619, 621, 623, 625, 627, 629, 635, 637, 639, 641, 516, 644, 647, 648, 646, 650, 685, 687, 689, 653, 527, 654, 656, 657, 667, 658, 666, 319, 664, 501, 320, 238, 249

Percorso cavidotto 20 kV Cabina di consegna – CP Custonaci	
Comune di appartenenza	Strade percorse
Custonaci (TP)	SB 53
	SS 187
	Strada comunale Circonvallazione di Custonaci
	SP 16

Di seguito si riporta l'inquadramento su IGM (Scala 1:25000), CTR (Scala 1:5000), ortofoto (Scala 1:5000) e catastale (1:5000) delle opere in progetto. Per una migliore rappresentazione si riporta agli elaborati cartografici (cod. PTO.02 "Layout delle opere di rete su IGM", cod. PTO.03 "Layout delle opere di rete su CTR", cod. PTO.04 "Layout delle opere di rete su ortofoto, cod. PTO.05 "Layout delle opere di rete su planimetria catastale")

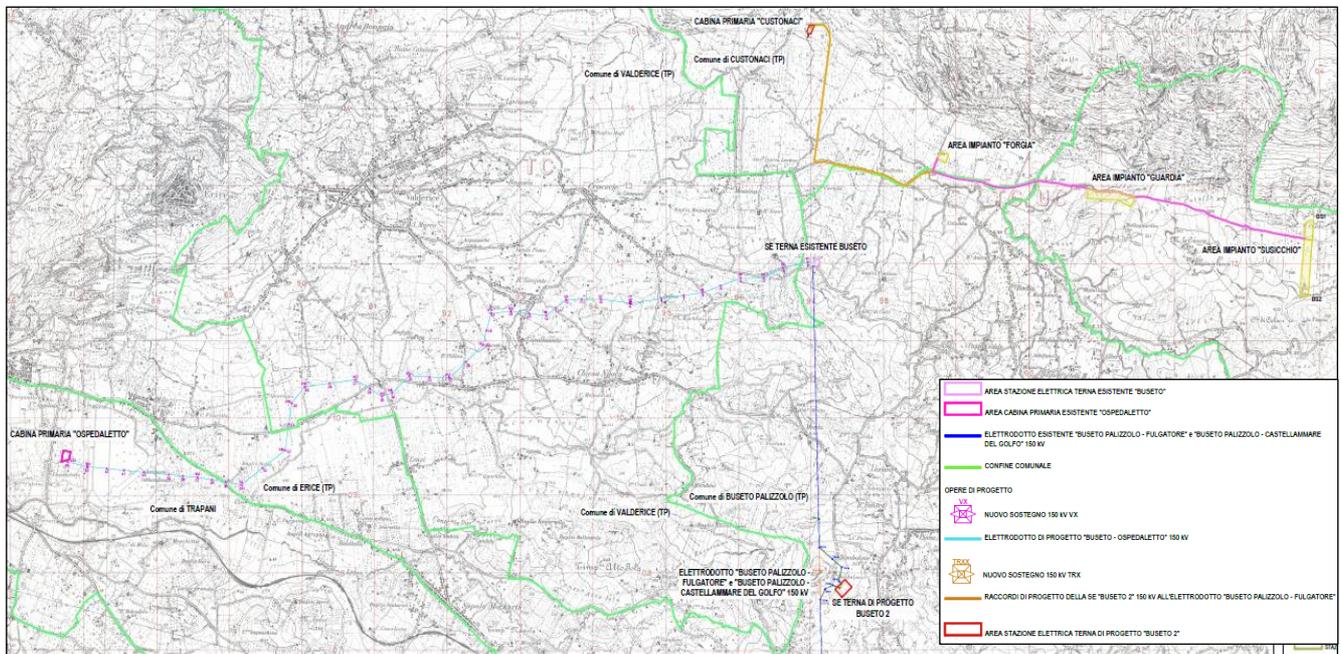


Figura 2. Inquadramento opere di rete su IGM

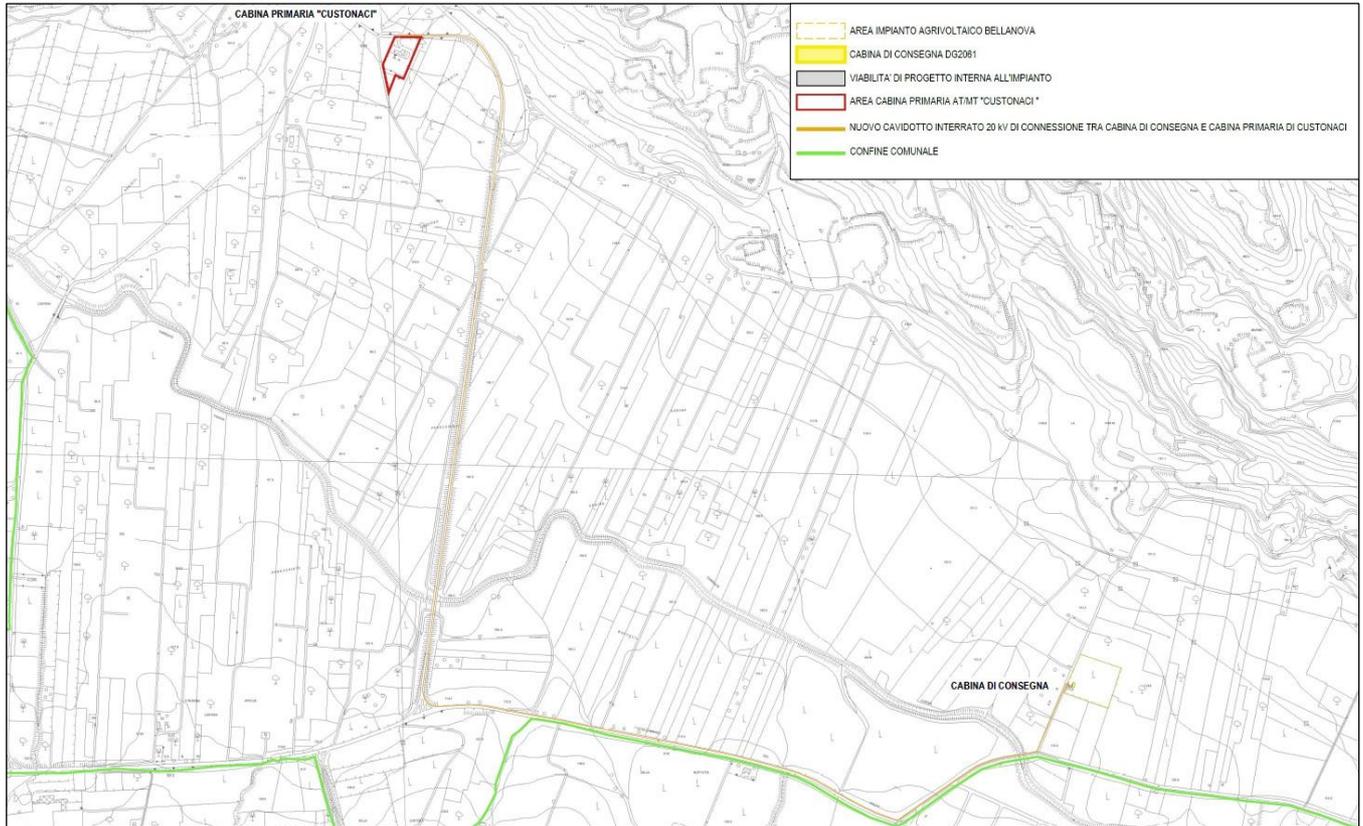


Figura 3. Inquadramento opere di rete e-distribuzione in progetto su CTR (Scala 1:10000)

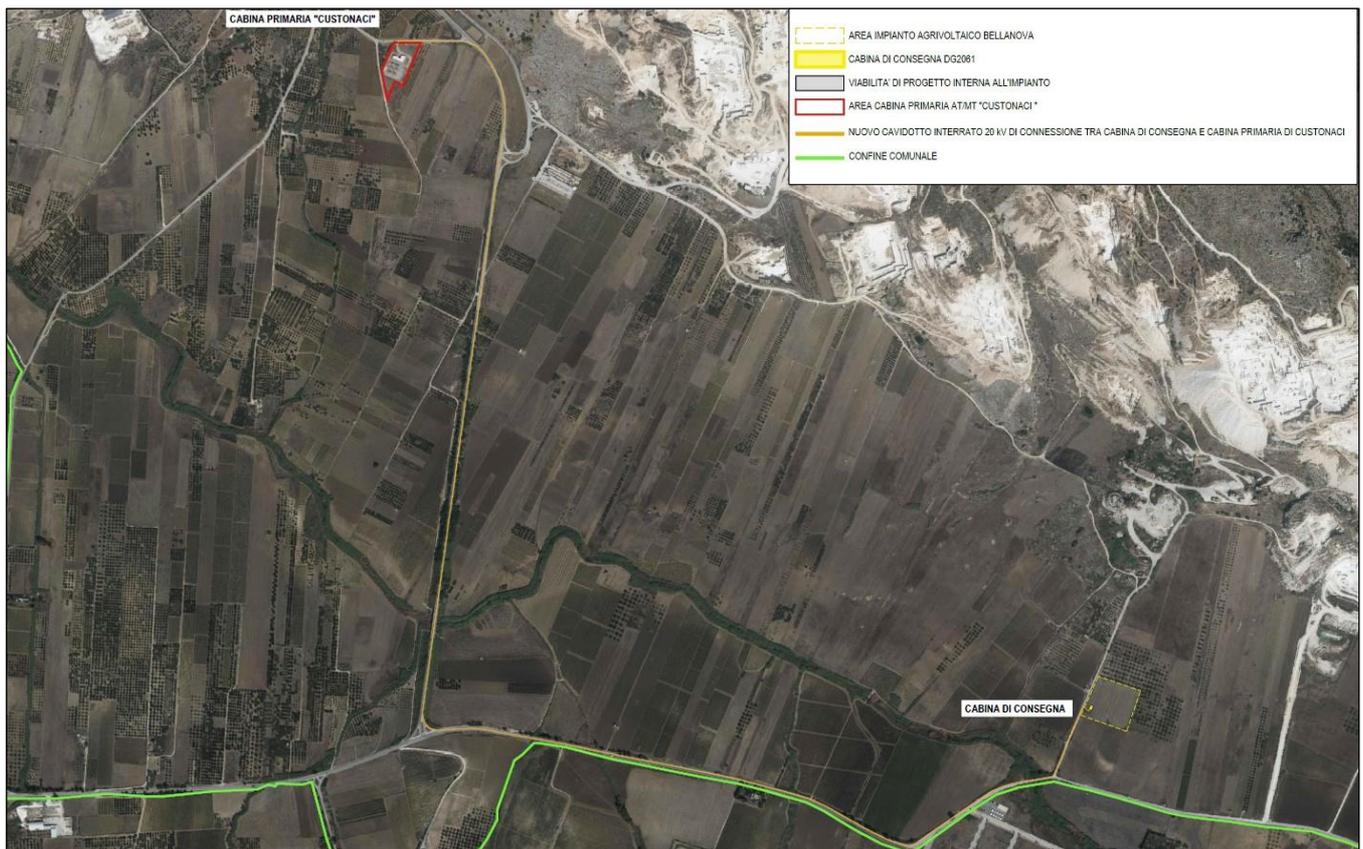


Figura 4. Inquadramento opere di rete e-distribuzione in progetto su Ortofoto (Scala 1:10000)



Figura 5. Inquadramento su planimetria catastale (Scala 1:10000)

## 4. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- **effetti acuti** (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;
- **effetti cronici** (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi.

Tabella 3: Terminologia per la classificazione dei valori di campo elettromagnetico

<b>Limiti di esposizione</b>	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
<b>Valori di attenzione</b>	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
<b>Obiettivi di qualità</b>	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

In Italia la normativa di riferimento per la valutazione degli impatti elettromagnetici delle linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.8.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

In tale DPCM vengono stabiliti i seguenti limiti:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 4: Limiti previsti per l'induzione magnetica

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B ( $\mu\text{T}$ )	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	[-]
	Obiettivo di qualità	3	[-]
Race. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di  $10 \mu\text{T}$  si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per più di 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di  $100 \mu\text{T}$  per lunghe esposizioni e di  $1000 \mu\text{T}$  per brevi esposizioni.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo. Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (SAE) per l'induzione magnetica, che è posta pari a  $0.2 \mu\text{T}$  (microTesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, 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. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità. Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (misurata in metri). Per quanto appena detto, per il calcolo delle distanze di prima approssimazione e per la misura dei campi elettromagnetici si richiamano le principali Norme CEI:

- 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 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”;

In merito alla tutela della salute dei lavoratori che opereranno sull’impianto si fa riferimento al D.Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016 “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE” il quale apporta modifiche al già esistente D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

In particolare, nel suddetto D.Lgs. 159/2016 vengono indicati, nelle tabelle B1 e B2, i valori di azione (VA) per esposizione rispettivamente ai campi elettrici e ai campi magnetici.

Tabella 5: Elenco valori di azione per i campi elettrici ambientali

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l’intensità del campo elettrico [Vm <sup>-1</sup> ] (valori RMS)	VA (E) superiori per l’intensità del campo elettrico [Vm <sup>-1</sup> ] (valori RMS)
1 ≤ f < 25 Hz	2,0 × 10 <sup>4</sup>	2,0 × 10 <sup>4</sup>
25 ≤ f < 50 Hz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	2,0 × 10 <sup>4</sup>
50 Hz ≤ f < 1,64 kHz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	1,0 × 10 <sup>6</sup> /f
1,64 ≤ f < 3 kHz	5,0 × 10 <sup>5</sup> /f	6,1 × 10 <sup>2</sup>
3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	1,7 × 10 <sup>2</sup>	6,1 × 10 <sup>2</sup>

Tabella 6: Elenco valori di azione per i campi magnetici ambientali

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l’induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) superiori per l’induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) per l’induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μT] (valori RMS)
1 ≤ f < 8 Hz	2,0 × 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
8 ≤ f < 25 Hz	2,5 × 10 <sup>4</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
25 ≤ f < 300 Hz	1,0 × 10 <sup>3</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
300 Hz ≤ f < 3 kHz	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	1,0 × 10 <sup>2</sup>	1,0 × 10 <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>2</sup>

Nel caso degli impianti a frequenza industriale (50 Hz), i valori limite da rispettare sono dunque per il campo elettrico:

$$\frac{5 \cdot 10^5}{50} = 1000 [V/m]$$

E per il campo magnetico:

$$1 \cdot 10^3 [\mu T]$$

## 5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il campo agrivoltaico sarà costituito complessivamente da **15300** moduli da **640 W** per una potenza totale in uscita dai moduli fotovoltaici, in corrente continua di 9,79 MW ed una corrispondente potenza in corrente alternata AC di circa **9,6 MW**. In totale l'impianto sarà quindi costituito da **510** stringhe monoassiali ad inseguimento solare.

Dal punto di vista elettrico, il campo agrivoltaico sarà suddiviso in **3** sottocampi (**SP1, SP2, SP3**) di dimensioni variabili, di seguito elencati:

- **SP1: Area dell'impianto "Forgia"**
- **SP2: Area dell'impianto "Guardia"**
- **SP3: Area dell'impianto "Susicchio";**

Ogni sottocampo sarà dotato di almeno un trasformatore elevatore 20/0,8 kV. Ogni trasformatore sarà confinato in un'apposita cabina di trasformazione all'interno del campo stesso (detta cabina di campo) e verrà collegato in entra-esce con altri trasformatori del parco agrivoltaico. Il cavidotto risultante dall'entra-esce di tutte le cabine di campo verrà intercettato in una cabina trasformazione nel sottocampo SP1 dove trovano alloggio tutte le apparecchiature MT di protezione, sezionamento conformi alla CEI 0-16 e trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari. La cabina di trasformazione SP1 sarà infine collegata ad una cabina di consegna energia CC, successivamente descritta, conforme alla specifica di E-Distribuzione "DG2061 ed.9". La cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9), ad uso esclusivo di E-Distribuzione, sarà ubicata all'interno della proprietà del proponente dalla quale partiranno i cavidotti MT a 20 kV verso uno stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci.

Come già anticipato, verranno utilizzati inverter del tipo Sungrow 350 kW AC e Sungrow 250 kW AC a seconda delle esigenze di carattere tecnico (vedi elaborato elaborato cod. PD.60 "Schema elettrico unifilare"). Nella tabella seguente è descritto brevemente ciascun sottocampo, il corrispondente numero di moduli, il numero di stringhe, la potenza prodotta sia in AC sia in DC e la potenza assorbita dai sistemi ausiliari di ciascuno di essi.

Tabella 7: Caratteristiche elettriche impianto agrivoltaico Bellanova

DATI PARCO AGRIVOLTAICO BELLANOVA						
CAMPO	N.STRINGHE	N. MODULI	POT. DC MODULI [kW]	POT. INVERTER AC [kW]	POT. S. AUSILIARI [KW]	Icu [kA]
<b>P1</b>	36	1080	691.2	677.4	20.0	1.1
<b>P2</b>	192	5760	3686.4	3612.7	40.0	5.6
<b>P3</b>	282	8460	5414.4	5306.1	40.0	8.3
	<b>TOT.</b>	<b>TOT.</b>	<b>TOT. MODULI [kW]</b>	<b>TOT.INVERTER [kW]</b>	<b>TOT. S.A [kW]</b>	<b>TOT. Icu [kA]</b>
	510	15300	9792	9596	100	14.9

Nell'esercizio l'impianto lavorerà alla frequenza di 50 Hz, quindi i campi elettromagnetici verranno generati a tale frequenza. Ad una tale frequenza verranno generate corrispondono lunghezze d'onda di ampiezza pari a 6000 km.

Il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in Volt al metro (V/m) o in kiloVolt al metro (kV/m). La loro intensità è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza; vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, anche dal terreno nel caso di linee in cavo interrato.

I campi magnetici sono, invece, prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in Ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla ( $\mu$ T). Come nel caso dei campi elettrici, anche i campi magnetici hanno valore massimo vicino alla sorgente e diminuisce all'aumentare della distanza. I campi magnetici però, a differenza di quelli elettrici, non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Il cavidotto a 20 kV di collegamento in entra-esce tra le cabine di trasformazione di campo, denominato cavidotto interno;
- Il cavidotto a 20 kV di collegamento tra la cabina di raccolta di consegna CC e lo stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci, denominato cavidotto esterno;

## 5.1. Linea 20 kV

Come già accennato il collegamento tra cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9) e la cabina primaria CP AT/MT Custonaci avverrà per mezzo di un elettrodotto interrato MT 20 kV formato da una terna di cavidotto unipolare in formazione a trifoglio **cordato ad elica visibile**. Il cavo impiegato per la veicolazione dell'energia elettrica a 20 kV nel presente progetto è lo ARE4H5EX 12/20 kV della Com Cavi S.P.A. La Figura 6 mostra schematicamente la struttura costruttiva del caso in esame.



Figura 6. Parti costituenti un cavo unipolare MT

Per il cavo in esame si possono identificare le seguenti parti:

- Guaina esterna: Polietilene estruso PE colore rosso
- Schermo metallico: Nastro di alluminio longitudinale
- Barriera: Nastro semiconduttivo Water-Blocking
- Isolante: Polietilene reticolato (XLPE)

- Conduttore: Corda di alluminio rotonda compatta CEI EN 60228, classe 2

All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed infine alla cabina di consegna CC da cui partirà il cavidotto verso la cabina primaria CP Custonaci. La figura seguente mostra schematicamente il collegamento per l'impianto in oggetto. Nella seguente tabella sono mostrati i dettagli del collegamento tra il parco agrivoltaico e la CP AT/MT Custonaci.

Tabella 8: Cavidotto a 20 kV per il collegamento del parco agrivoltaico con la CP Custonaci

TAG CAVIDOTTO	Lunghezza	P	Vn	In	n° terne	Sezione cavo	$\Delta V$	$\Delta P$	Iz
	[m]	[kW]	[kV]	[A]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[V]	[kW]	[A]
CC - CP CUSTONACI	3.902	9.600	20	297,2	1	240	519,10	133,18	590,3

Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa:

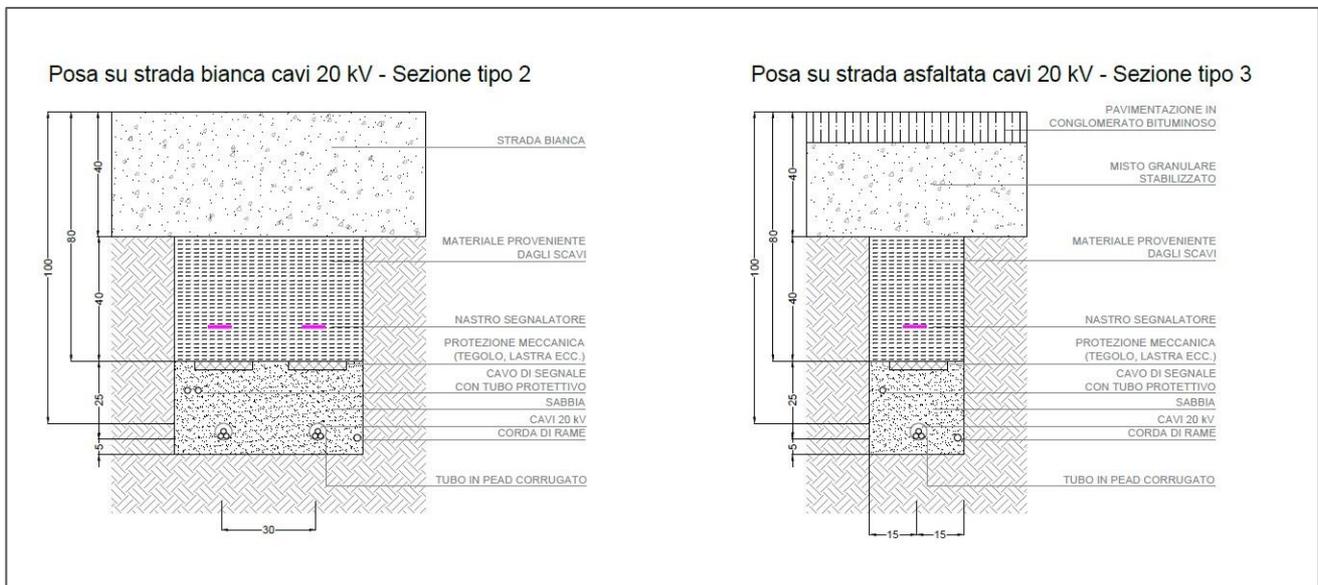


Figura 7: Esempio di tipico di scavo per posa cavidotto a 20 kV

Per la realizzazione delle canalizzazioni a 20kV sono da impiegare tubi in materiale plastico conformi alle Norme CEI 23-46 (CEI EN 50086-2-4), tipo 450 o 750 come caratteristiche di resistenza a schiacciamento, nelle seguenti tipologie:

- rigidi lisci in PVC (in barre)
- rigidi corrugati in PE (in barre)
- pieghevoli corrugati in PE (in rotoli)

I tubi corrugati devono avere la superficie interna liscia.

Per quanto riguarda la coesistenza tra cavidotti a 20 kV e condutture di altri servizi del sottosuolo si è fatto riferimento alle Norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo". Nello specifico le Norme CEI 11-17 precisano le distanze minime da mantenere tra i cavidotti MT e le linee di telecomunicazione, le tubazioni metalliche in genere e i serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

## 6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

### 6.1. Definizioni e terminologia

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

- **Corrente:** valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale:** corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.
- **Portata in regime permanente:** massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).
- **Fascia di rispetto:** spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.
- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** 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. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

### 6.2. Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica  $B$  generata da  $N_R$  conduttori filiformi, numerati con la variabile  $n$  che va da 0 a  $(N_R-1)$ , può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{n=0}^{N_R-1} \frac{i_n}{R_n}$$

Dove:

- $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto;
- $N_R$  è il numero dei conduttori (nel caso in esame pari a 3),
- $i_n$  la corrente nel generico conduttore;
- $R_n$  la distanza tra il tratto elementare del conduttore generico e il punto dove si vuole calcolare il campo.

Dalla formula sopra mostrata è possibile notare che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale alla distanza dal conduttore in esame.

### 6.3. Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame.

Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

### 6.4. Determinazione del campo di induzione magnetica e determinazione DPA

#### 6.4.1. Linea interrata MT

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in 20 kV interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Premesso che la profondità di interramento è pari a 1,00 m, facendo riferimento ai dati contenuti in Tabella 8, si riporta di seguito la simulazione condotta:

- **SP1 – CP Custonaci:** Terna di conduttori di sezione di 240 mm<sup>2</sup> disposti a trifoglio percorsa da corrente pari a 297,2 [A]

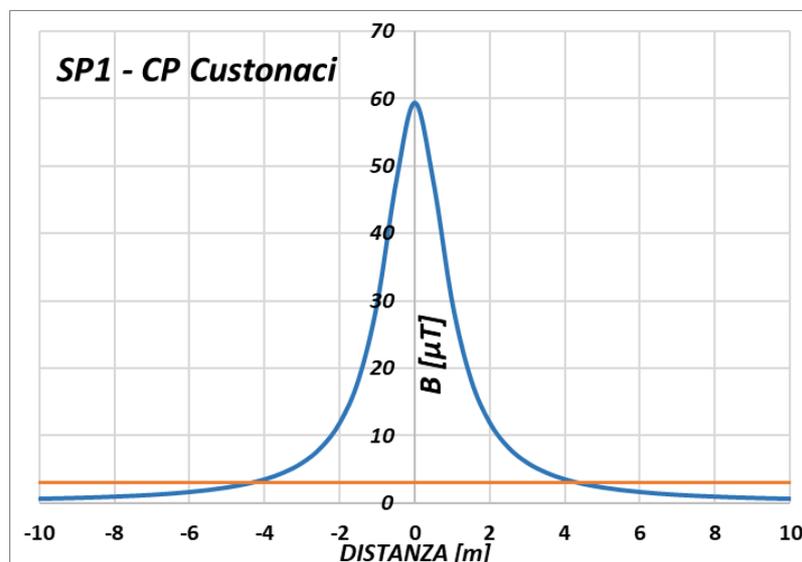


Figura 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse del conduttore per il cavidotto SP1 – CP Custonaci

Le figura sopra esposta mostra l'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza, per il cavidotto di collegamento dalla cabina di consegna CC DG2061 sita nel sottocampo SP1 dell'impianto alla CP AT/MT Custonaci. I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori (per la determinazione della DPA). Più precisamente, i risultati riportati nelle figure precedenti illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori interrati per le varie terne analizzate.

Nella simulazione effettuata il campo magnetico risulta inferiore al limite di obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  per distanze di circa 4 m. È utile sottolineare che per la simulazione non si è tenuto conto degli effetti schermanti del terreno, motivo per cui tale valore conferma la regola generale proposta dalla norma CEI 11-60 che suggerisce per elettrodotti interrati con corrente di funzionamento di 1110 [A] una D.P.A di 3.1 [m].

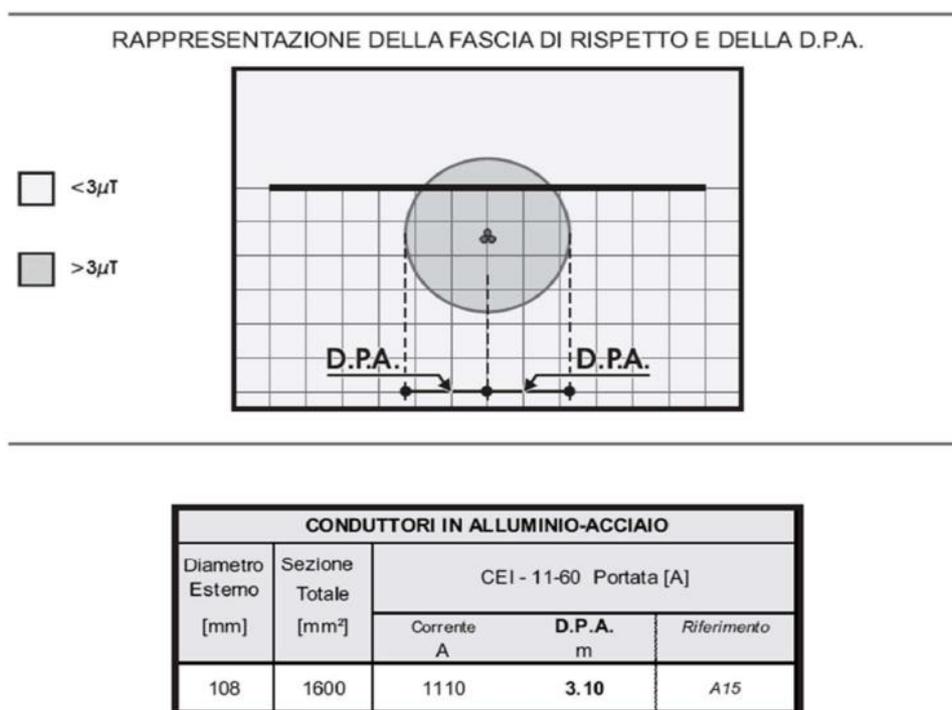


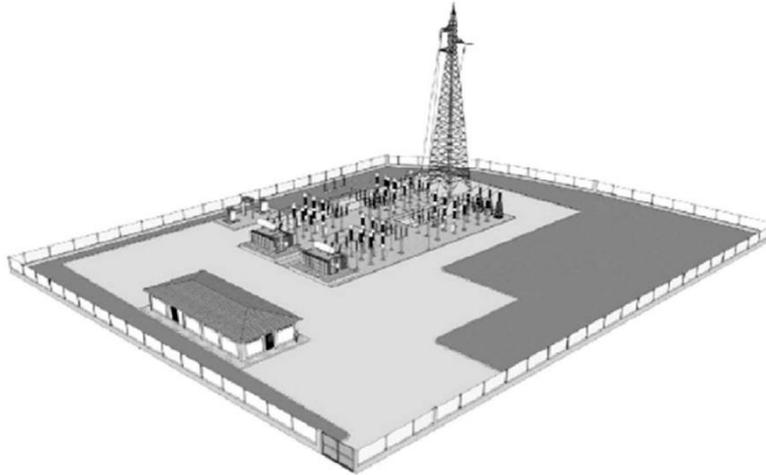
Figura 9: D.P.A per cavidotto interrato secondo norma CEI 11-60

#### 6.4.2. Cabina primaria CP AT/MT

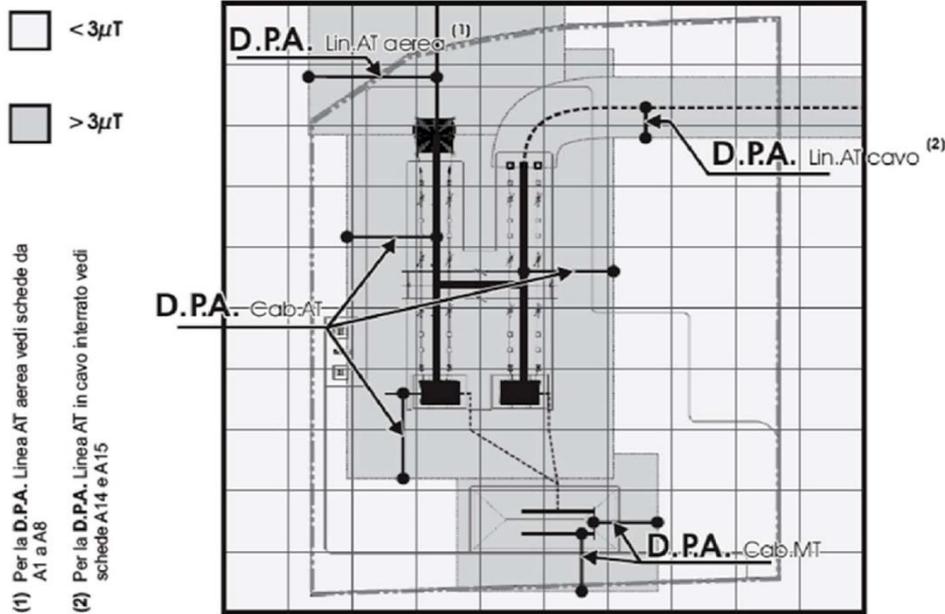
Come dichiarato nel documento “Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” di e-distribuzione, LA DPA delle cabine primarie AT/MT è sicuramente interna alla cabina se sono rispettate le seguenti distanze dal perimetro esterno, non interessato dalle fasce di rispetto delle linee in ingresso/uscita:

- 14 M DALL' ASSE DELLE SBARRE DI AT IN ARIA
- 7 M DALL' ASSE DELLE SBARRE DI MT IN ARIA

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16



Figura 10: Inquadramento cabina primaria AT/MT Custonaci

In Figura 10 è mostrato l'inquadramento della CP AT/MT per la connessione in oggetto.

## 7. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e alle Norme CEI di riferimento, riportando per ogni opera elettrica la già menzionata DPA.

Tutte i cavidotti, delimitati dalla propria DPA, ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano essere presenti recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere. Attraverso il calcolo del campo dell'induzione magnetica nelle varie sezioni del cavidotto è stato rilevato che non ci sono fattori di rischio per la salute umana dovuti all'esercizio dell'impianto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge, mentre, per quanto riguarda il campo elettrico generato si può sostenere che è nullo a causa dello schermo dei cavi e negli altri casi alquanto trascurabile per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Non si ritiene, pertanto, necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco in oggetto si trova in lontananza da possibili recettori sensibili presenti. In particolare, non si ravvisano pericoli per la salute dei lavoratori eventualmente presenti nelle aree interessate in quanto le zone che rientrano nel limite di attenzione ma non nell'obiettivo di qualità non richiedono la presenza umana per più di 4 h giornaliere, rientrando quindi nei limiti di legge. Si fa inoltre presente che, in fase di costruzione dell'impianto le linee saranno fuori tensione, pertanto i lavoratori non saranno esposti a nessun campo elettromagnetico; nelle fasi di collaudo e manutenzione ordinaria e/o straordinaria invece, come precedentemente descritto, per tutte le componenti dell'impianto vengono rispettati i valori di azione (e pertanto i valori limite di esposizione) indicati nel D.Lgs. 159/2016.

**Non si ritiene pertanto necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco in oggetto si trova in zona agricola e sia gli impianti di produzione e le opere connesse (linee elettriche interrato) sono state posizionate in modo da osservare le relative fasce di rispetto dai possibili ricettori sensibili presenti.**

Si sottolinea, peraltro, che tutte le componenti dell'impianto e le opere connesse sono state posizionate in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia, ecc.

In ogni caso si rammenta che i calcoli sono stati effettuati con le correnti nominali in caso di massima potenza dell'impianto, correnti che saranno raggiunte solamente in limitati archi temporali. Si fa, inoltre, presente che all'interno delle stazioni elettriche possono accedere solamente persone esperte del settore e che le stesse risultano rispettare i limiti di campo elettromagnetico se realizzate secondo le specifiche ENEL, TERNA e le Norme CEI.

Si può concludere, pertanto, che la realizzazione dell'opere elettriche relative al parco agrivoltaico sito in località "Bellanova" nei Comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), di proprietà della Repower Renewable S.p.A. rispetta la normativa vigente.