



| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 1 |

SOMMARIO

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 2 |
| 2. | NORME E LEGGI DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3. | CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO | 7 |
| 4. | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO..... | 8 |
| 5. | ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO | 11 |
| 5.1. | MODULI FOTOVOLTAICI | 11 |
| 5.2. | INVERTER DI STRINGA | 12 |
| 5.3. | TRANSFORMATION UNITS..... | 12 |
| 5.4. | CABINE DI RACCOLTA | 18 |
| 6. | ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DEL SISTEMA DI ACCUMOLO | 21 |
| 6.1. | INVERTER BIDIREZIONALI E BATTERIE | 21 |
| 6.2. | TRASFORMATORI BT/MT - <i>SMART TRANSFORMER STATION</i> | 21 |
| 6.3. | CABINE DI RACCOLTA BESS | 26 |
| 7. | ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DEI COLLEGAMENTI ELETTRICI ... | 26 |
| 7.1. | CAVI ELETTRICI BT | 27 |
| 7.2. | CAVI ELETTRICI MT | 28 |
| 7.2.1. | VERIFICA DELL'OBIETTIVO DI QUALITÀ. | 31 |
| 7.3. | EFFETTO CUMULO CON ALTRE INIZIATIVE..... | 33 |
| 8. | FASCE DI RISPETTO E DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE..... | 37 |
| 8.1. | CAVI MT | 37 |
| 8.2. | MANUFATTI ELETTRICI | 37 |
| 9. | CONCLUSIONI..... | 39 |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 2 |

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato ha in oggetto la relazione di studio di impatto elettromagnetico relativo di un impianto agrivoltaico avanzato integrato con sistema di accumulo e delle relative opere di connessione alla rete denominato “Pratello”.

Trattasi di un impianto a terra provvisto di inseguitori mono-assiali sarà caratterizzato da una potenza di picco pari a 22,25 MWp e potenza di immissione in rete pari a 19 MW; mentre il sistema di accumulo (Battery Energy Storage System) sarà caratterizzato da potenza in immissione e prelievo pari a 23 MW.

L'impianto agrivoltaico sarà ubicato all'interno del Comune di Sala Bolognese (BO) e Calderara di Reno (BO) nella Provincia di Bologna, mentre la sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV ed il sistema di accumulo, così come le opere propedeutiche alla connessione alla RTN, saranno ubicate presso il Comune di San Giovanni in Persiceto (BO) nella Provincia di Bologna. L'opera in progetto può essere identificata attraverso le seguenti coordinate geografiche:

- Impianto agrivoltaico avanzato: Latitudine 44.605483°; Longitudine 11.275186°.
- Sistema di accumulo e Sottostazione elettrica utente trasformazione 30/132 kV: Latitudine 44.651390°; Longitudine 11.221432°.

La società proponente è la **Sunstore S.r.l.**, con sede a Bologna, in via Matteotti 31/2.

L'impianto agrivoltaico avanzato integrato con BESS sarà quindi connesso alla rete AT in virtù della Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) proposta da e-distribuzione S.p.A. (Codice rintracciabilità 387057971), nella titolarità della società proponente, impegnando una potenza in immissione pari a 42 MW.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

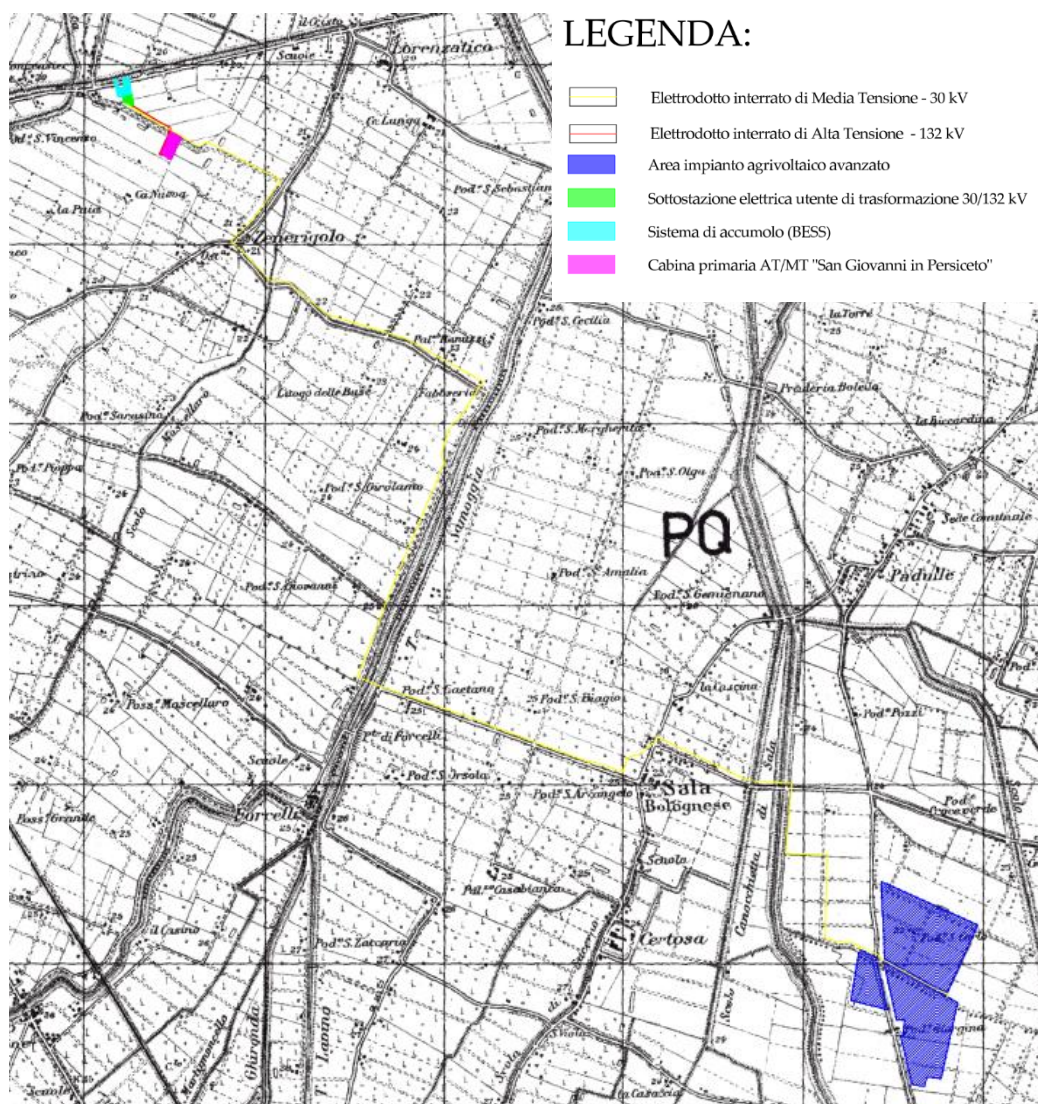


Figura 1: Inquadramento IGM – opere in progetto

Attualmente lo schema di allacciamento alla rete di e-distribuzione prevede la realizzazione di una Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV di nuova realizzazione collegata in antenna su un nuovo stallo della cabina primaria S. GIOVANNI PERSICETO. Per suddetta connessione è prevista la realizzazione dell'intervento 350-P del Piano di Sviluppo Terna.


La Società ha accettato il preventivo e ha deciso di non avvalersi della facoltà di realizzare in proprio l'impianto di connessione, in base all'art. 30 del TICA.

La Cabina Primaria "SAN GIOVANNI IN PERSICETO" in cui sorgerà il nuovo stallo AT in progetto, è ubicata nel Comune di San Giovanni in Persiceto (BO).

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 4 |

Lo studio in oggetto ha l'obiettivo di valutare il campo elettrico e magnetico di bassa frequenza generati dalla messa in opera del parco in esame, dei suoi effetti sulla popolazione esposta, e definire una "fascia di rispetto" nel rispetto delle Norme Vigenti.

Quest'ultima, secondo il DM 29/05/2008, è definita come lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzato da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

All'interno di tali aree non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico e sanitario, e quindi ad un uso che comporti una permanenza di persone per un tempo maggiore alle quattro ore. Per la verifica della sicurezza dei lavoratori presenti nelle aree interessate sarà verificato il rispetto dei limiti di esposizione al fine di evitare l'insorgenza di effetti acuti o cronici.

2. NORME E LEGGI DI RIFERIMENTO

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). In particolare, con l'approvazione della Legge 22 febbraio 2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", il legislatore ha previsto la determinazione di tre decreti attuativi per la determinazione di:

- Limiti esposizioni a campi elettromagnetici ad una frequenza di 50 Hz per la popolazione;
- Limiti delle esposizioni a campi con frequenze comprese tra i 100 kHz e i 3 GHz per la popolazione;
- Limiti per i lavoratori.

Da qui, sono stati definiti sia i limiti massimi di intensità di campo da non superare in alcun caso, ovvero i *limiti di esposizione*, così come i *valori di attenzione e obiettivi di qualità*, di cui si riporta una definizione:

| | |
|-----------------------|--|
| Limiti di esposizione | Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione ai fini della tutela dagli effetti acuti, ovvero inteso come valore efficace istantaneo. |
| Valori di attenzione | 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. Questo valore è inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore. |
| Obiettivi di qualità | 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. Questo valore fa riferimento ai nuovi impianti ed è inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore. |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |


| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 5 |

Tabella A1: Definizioni valori di attenzione e obiettivi di qualità

La normativa di riferimento in Italia attualmente vigente per le 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"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- 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 in AT.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, ai valori di attenzione e agli 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 seguito, confrontati con la normativa europea:

| Normativa | Limiti previsti | Induzione magnetica B (μT) | 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 |

Tabella A2: Valori di riferimento e limiti di induzione magnetica e campo elettrico

Il valore di attenzione di 10 μT (*Limite di attenzione*) 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 almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti e edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore medio 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.

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, posta ad un valore pari a 0.2 μT (microTesla), valore limite cautelativo al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

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.

| Intervallo di frequenza | VA (E) inferiori per l'intensità del campo elettrico [V m^{-1}] (valori RMS) | VA (E) superiori per l'intensità del campo elettrico [V m^{-1}] (valori RMS) |
|--|---|---|
| $1 \leq f < 25 \text{ Hz}$ | $2,0 \times 10^4$ | $2,0 \times 10^4$ |
| $25 \leq f < 50 \text{ Hz}$ | $5,0 \times 10^5 / f$ | $2,0 \times 10^4$ |
| $50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$ | $5,0 \times 10^5 / f$ | $1,0 \times 10^6 / f$ |
| $1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$ | $5,0 \times 10^5 / f$ | $6,1 \times 10^2$ |
| $3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$ | $1,7 \times 10^2$ | $6,1 \times 10^2$ |


Tabella B1: VA per i campi elettrici 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) |
|--|---|---|--|
| $1 \leq f < 8 \text{ Hz}$ | $2,0 \times 10^5 / f^2$ | $3,0 \times 10^5 / f$ | $9,0 \times 10^5 / f$ |
| $8 \leq f < 25 \text{ Hz}$ | $2,5 \times 10^4 / f$ | $3,0 \times 10^5 / f$ | $9,0 \times 10^5 / f$ |
| $25 \leq f < 300 \text{ Hz}$ | $1,0 \times 10^3$ | $3,0 \times 10^5 / f$ | $9,0 \times 10^5 / f$ |
| $300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$ | $3,0 \times 10^5 / f$ | $3,0 \times 10^5 / f$ | $9,0 \times 10^5 / f$ |
| $3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$ | $1,0 \times 10^2$ | $1,0 \times 10^2$ | $3,0 \times 10^2$ |

Tabella B2: VA per i campi magnetici ambientali

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

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 7 |

- $5 \times 10^5 / 50 = 1\,000 \text{ V/m}$;

mentre per il campo magnetico:

- $1 \times 10^3 = 1\,000 \mu\text{T}$.

I valori di azione (VA), consentono una valutazione semplificata delle conformità ai pertinenti VLE (valori limite di esposizione). In particolare, il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei pertinenti VLE, mentre il superamento dei VA medesimi corrisponde all'obbligo di adottare le pertinenti misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 210.

Infine, in questa sede, si richiamano le principali Norme CEI di riferimento:

- 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";
- 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".

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico della linea elettrica.


3. CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un *campo elettromagnetico*. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il *campo elettrico* e l'*induzione magnetica*.

Il campo elettrico è prodotto dalle cariche elettriche statiche e la sua intensità viene misurata in Volt al metro (V/m). I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente: fisicamente descritta come flusso ordinato di elettroni o particelle/molecole cariche elettricamente. L'intensità dei campi magnetici intensità è misurata 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 (μT).

L'intensità di entrambi i campi è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza; inoltre, la diffusione del CEM può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico posto nelle sue immediate vicinanze.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 8 |

Tuttavia, mentre la maggior parte dei materiali di uso comune riesce a schermare efficacemente il campo elettrico generato, il campo magnetico li attraversa facilmente.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni allorquando non esista la presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusioni, assorbimento, ecc.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

Nel presente documento verranno esaminate le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione dell'impianto proposto, con particolare riguardo a quelle che potrebbero essere una fonte di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto agrivoltaico avanzato denominato "Pratello", del tipo "*grid-connected*", sarà dotato di inseguitori mono-assiali su cui verranno collocati i moduli fotovoltaici bifacciali ad alta efficienza.

La potenza di picco, pari a 22,25 MWp sarà ottenuta mediante l'utilizzo di n° 31.780 moduli fotovoltaici di potenza unitaria pari a 700 Wp, alloggiati in strutture mono-assiali "tracker" di tipo "1P".


Collocato in un'area fertile ad alta vocazione agricola, La porzione di suolo sottesa tra le fila degli inseguitori mono-assiali e posta al di sotto di essi sarà destinata all'attività agricola così come descritta dal piano agronomico in continuità dello stato attuale dei fatti. Durante il giorno il campo fotovoltaico convertirà la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. I moduli, in stringhe da 28, vengono messi in serie per formare delle stringhe alla tensione di 1.500 V.

L'energia elettrica prodotta verrà inviata attraverso cavi solari in BT agli inverter di stringa, ubicati fisicamente in prossimità delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e necessari per la conversione della corrente continua generata dai moduli FV in corrente alternata. Ogni inverter sarà dotato appositi MPPT per garantire il funzionamento ottimale del sistema fotovoltaico. Da ciascun inverter di stringa partirà una coppia (positiva e negativa) di cavi in bassa tensione in direzione del trasformatore elevatore BT/MT ubicato fisicamente all'interno della "Transformation Unit": manufatto elettrico in cui saranno integrate tutte le apparecchiature necessarie per la conversione della corrente alternata a bassa tensione in corrente alternata in media tensione. Al fine di ottimizzare il collegamento elettrico di impianto, le T.U saranno collegate tra loro in configurazione "entra-esci".

Nell'impianto si prevedono n°9 "Transformation Units".

In uscita da ciascuna T.U. partirà il cavo MT a 30 kV in direzione di adiacenti TU o verso la cabina di raccolta dove confluiranno i cavi MT in uscita dalle T.U. e partirà il cavo MT di distribuzione verso altre cabine di

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|--------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 9 |

raccolta o la Sottostazione elettrica utente di trasformazione. La cabina di raccolta sarà comprensiva di tutte le apparecchiature elettriche necessarie al controllo e all'esercizio in sicurezza dell'impianto agrivoltaico avanzato.

Nell'impianto si prevedono n°3 cabine di raccolta.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico verrà trasportata mediante cavi in media tensione a 30 kV presso la Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT di nuova realizzazione. La sottostazione utente in esame sarà provvista di unico stallo di trasformazione MT/AT e sarà posizionata in un'area agricola pianeggiante, con accesso diretto sulla strada comunale esistente. La sottostazione di trasformazione utente sarà così costituita:


- Sbarra di connessione con opportuni set di isolatori.
- Adeguati set di TA/TV per le protezioni e misure di montante.
- N° 1 stalli con interruttori di trasformatore e n° 1 stallo con interruttore di linea, entrambi con relativi organi di sezionamento.
- N° 1 trasformatori AT/MT da 50 MVA.
- N° 1 partenze con scaricatori per connessione AT in cavo.
- N° 2 Partenze in cavo MT dal secondario dei trasformatori AT/MT verso i rispettivi quadri di MT (in direzione del sistema di accumulo e dell'impianto di produzione a fonte solare).

Nell'area adiacente alla sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV sarà realizzato un sistema di accumulo di energia elettrica di tipo bidirezionale connesso sia all'impianto agrivoltaico avanzato che alla rete elettrica di distribuzione. I vantaggi dell'introduzione di un sistema BESS integrato all'impianto agrivoltaico sono molteplici:

- Stoccaggio dell'energia elettrica prodotta dall'impianto agrivoltaico, ritardando l'immissione dell'energia in rete in una fascia oraria di maggior richiesta;
- Riduzione della aleatorietà della fonte FER ad esso connesso;
- Livellazione e bilanciamento della potenza attiva e reattiva della rete;
- Spostamento del picco;
- Regolazione di frequenza e Tensione;

Per il dimensionamento e la progettazione del sistema di accumulo integrato all'impianto agrivoltaico avanzato si è fatto riferimento al prodotto Huawei "Smart String Energy Storage Solution" attualmente disponibile in commercio prevedendo un'oversizing capacitivo ad inizio vita dell'impianto per far fronte alle perdite elettriche durante l'esercizio dell'impianto. La potenza complessiva di immissione in rete del BESS sarà pari a 23 MW e garantirà un quantitativo di energia elettrica pari a 102,86 MWh nominali su un intero ciclo di carica-scarica al POC (Point Of Connection) con un tempo di scarica delle batterie di **4 ore**. L'energia elettrica è stoccata in rack di batterie elettrochimiche innovative ubicate all'interno di container modulari

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 10 |

ognuno dei quali connesso a 6 *Power Control System* (PCS): inverter bidirezionali la cui funzione principale è quella convertire la potenza DC generata dal sistema di batterie in potenza AC e alimentarla alla rete (e viceversa).

Per l'impianto di Pratello si prevede l'utilizzo di 23 BESS container di batterie e n° 138 PCS.

Da ciascun inverter bidirezionale partirà una coppia (positiva e negativa) di cavi in bassa tensione in direzione del *Smart Transformer Station* (STS): Unità di trasformazione BT/MT in cui saranno integrate tutte le apparecchiature necessarie per la conversione della corrente alternata a bassa tensione in corrente alternata in media tensione.

Nell'impianto si prevedono n°4 *Smart Transformer Station* (STS)

In uscita da ciascuna T.U. partirà il cavo MT a 30 kV in direzione della cabina di raccolta da dove confluiranno i cavi MT in uscita dalle STS e partirà il cavo MT a 30 kV verso la Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV.

Nell'impianto si prevedono n°1 cabine di raccolta BESS.

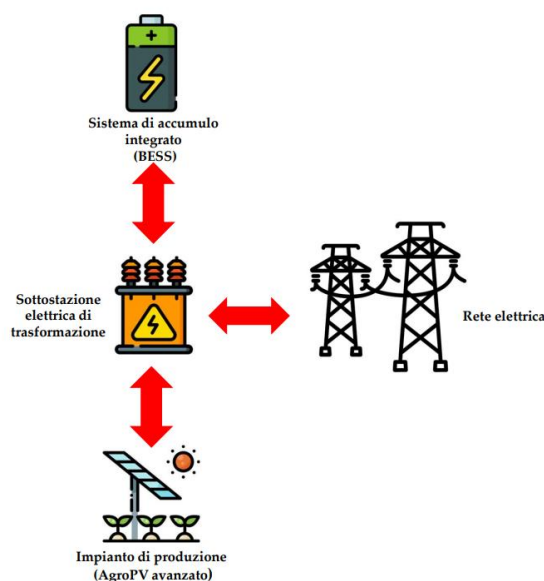



Figura 2: Rappresentazione schematica dell'iniziativa "Pratello"

Nell'esercizio degli impianti fotovoltaici in Italia, i campi elettromagnetici che vengono indotti si manifestano ad una frequenza di 50 Hz: a così basse frequenze corrispondono lunghezze d'onda in aria molto ampie (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz). Le componenti dell'impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettromagnetico relativi al progetto "Pratello" sono:

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 11 |

Impianto agrivoltaico avanzato:

- Moduli fotovoltaici;
- Inverter di stringa;
- N°9 Transformation Units (trasformatore elevatore MT/BT);
- Cavi elettrici di collegamento in media e bassa tensione;
- N°3 Cabine di raccolta;

Sistema di accumulo - BESS:

- N° 23 container batterie LUNA2000-4.5MWH-2H1;
- N° 138 Smart Power Conversion System (PCS) LUNA2000-213KTL-H0;
- N° 3 Smart Transformer Station (STS) JUPITER-9000K-H0 dotati di corrispettivi UPS;
- N° 1 Smart Transformer Station (STS) STS-6000K-H1 dotati di corrispettivi UPS;
- N°1 cabina di raccolta BESS;

Le opere elettriche propedeutiche alla connessione dell'impianto alla RTN e ricadenti in campo di applicazione delle norme per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici; quali:

- Il cavidotto di Alta Tensione a 132 kV;
- Apparecchiature elettriche in progetto all'interno della Cabina Primaria "SAN GIOVANNI IN PERSICETO";
- Apparecchiature elettriche in progetto all'interno della Sottostazione elettrica di trasformazione 30/132 kV;


sono state già oggetto del progetto definitivo sottoposto a e-distribuzione S.p.A., per cui sono già stati valutati gli effetti dei campi elettromagnetici indotti da suddette opere. Tali opere saranno escluse da suddetta relazione tecnica e si rimanda all'elaborato: "PRAPD0T25-00 - Elaborati opere di connessione alla rete" per la consultazione.

5. ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

5.1. MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue (DC) e non in corrente alternata: per cui la generazione di CEM variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione/ spegnimento del sistema) e risultano comunque di brevissima durata.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 12 |

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché questi sono considerati assolutamente irrilevanti come fonte di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

5.2. INVERTER DI STRINGA

La corrente elettrica prodotta dai pannelli viaggia tramite i cavi collettori in bassa tensione e arriva ad un inverter per essere trasformata in corrente alternata (AC) a 50 Hz, in modo da poter essere immessa in rete o assorbita dalle utenze elettriche. Ciascun inverter è provvisto di un trasformatore ad alta frequenza, impiegato al fine di ridurre al minimo le perdite di conversione AC/DC.

Essendo pertanto costituiti da componenti elettronici operanti ad alte frequenze, il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni atte a garantire sia l'immunità dell'inverter da disturbi elettromagnetici esterni; e a garantire ridotte emissioni di campi CEM per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

Si conclude affermando che l'impatto elettromagnetico indotto dagli inverter adottati per l'impianto agrivoltaico in progetto è insignificante ai fini di un potenziale rischio di esposizione a campi EM alla popolazione; pertanto, i soli elementi generanti un campo magnetico sono il trasformatore MT/BT ed i collegamenti elettrici in media e bassa tensione tra il trasformatore ed i quadri elettrici.


5.3. TRANSFORMATION UNITS

Il trasformatore MT / BT preliminarmente selezionato per l'impianto agrivoltaico avanzato "Pratello" sarà caratterizzato dalle seguenti specifiche tecniche.

Tabella C: Caratteristiche del trasformatore MT/BT preliminarmente scelto

| | |
|----------------------------|-------------------|
| Potenza nominale | 2500 kVA |
| Tensione nominale | Da 0.8 kV a 30 kV |
| Fase | Trifase |
| Gruppo collegamenti | Dy11 + sk |
| Raffreddamento | ONAN |
| Perdite a vuoto | ≤ 1.58 kW |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 13 |

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Perdite a 75° C in carico | $\leq 18.5 \text{ kW}$ |
| Frequenza | <i>50 Hz</i> |
| Olio dielettrico | <i>Minerale</i> |
| Peso olio | <i>820 kg</i> |

Attualmente si prevede l'installazione di **n° 9 trasformatori MT/BT in olio** di potenza nominale massima pari a **2500 kVA**. Ciascun trasformatore sarà dotato di un apposito quadro elettrico di media e bassa tensione e di tutte le protezioni necessarie. Ciascun trasformatore elevatore verrà alloggiato in un manufatto elettrico di dimensioni pari a 5,2 metri x 2,2 metri x 2,6 metri, in cui sono saranno anche allocate tutte le apparecchiature elettriche necessarie al trasformatore e ai suoi rispettivi sistemi ausiliari come:

- Scomparto e quadro in MT (RMU): necessario per avere la possibilità di scollegare e disalimentare uno o più parti dell'impianto elettrico in caso di guasto o manutenzione;
- Sistema a barre per collegamento tra il trasformatore MT/BT e il QGBT;
- Cavi di collegamento in MT tra il trasformatore MT/BT e RMU;
- Scaricatori in MT;
- Eventuale trasformatore ausiliario, dimensionato in funzione dei carichi da alimentare, con il compito di alimentare i servizi generali del trasformatore MT/BT, insieme al relativo pannello elettrico BT per gli ausiliari del trasformatore.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

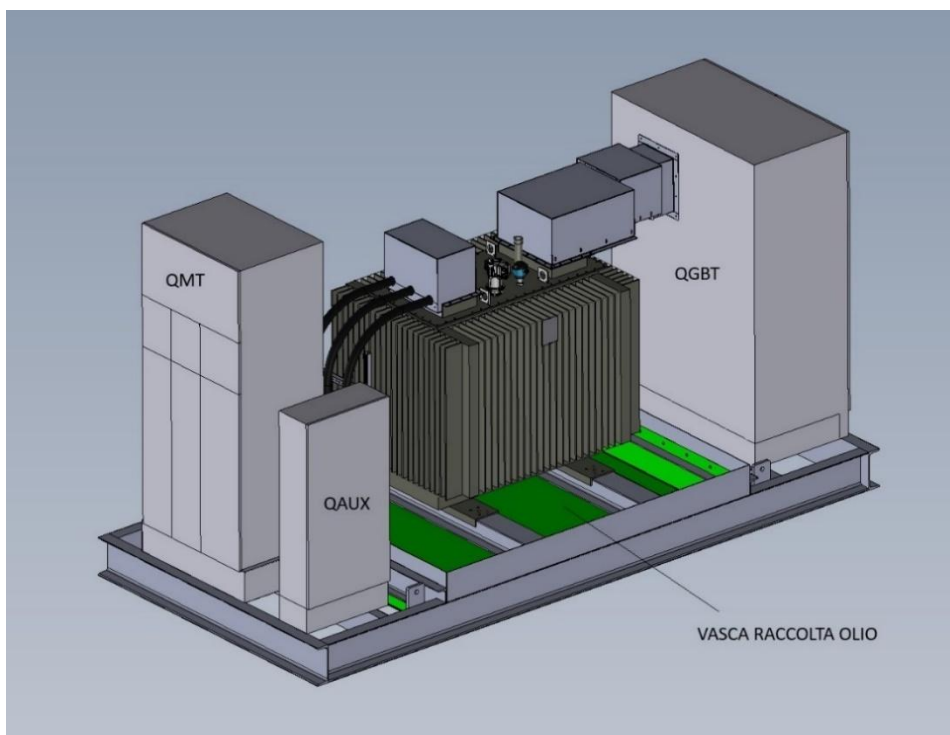


Figura 3: Schema esemplificativo Transformation Unit

All'interno delle cabine di trasformazione MT/BT, i CEM variabili significativi, sono quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti in bassa tensione che afferiscono al trasformatore MT/BT.

Nel trasformatore MT/BT il valore dell'induzione magnetica B decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Il trasformatore analizzato tramite il software è stato posizionato all'interno di manufatto elettrico accanto al quadro MT e al quadro BT come rappresentato in figura 4: questa rappresentazione è puramente esemplificativa.

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

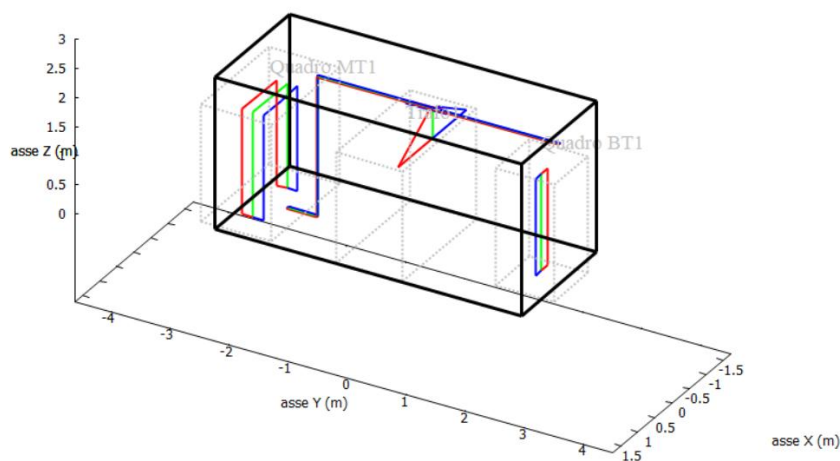


Figura 4: Rappresentazione schematica della Transformation Unit in progetto

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno,
San Giovanni in Persiceto**

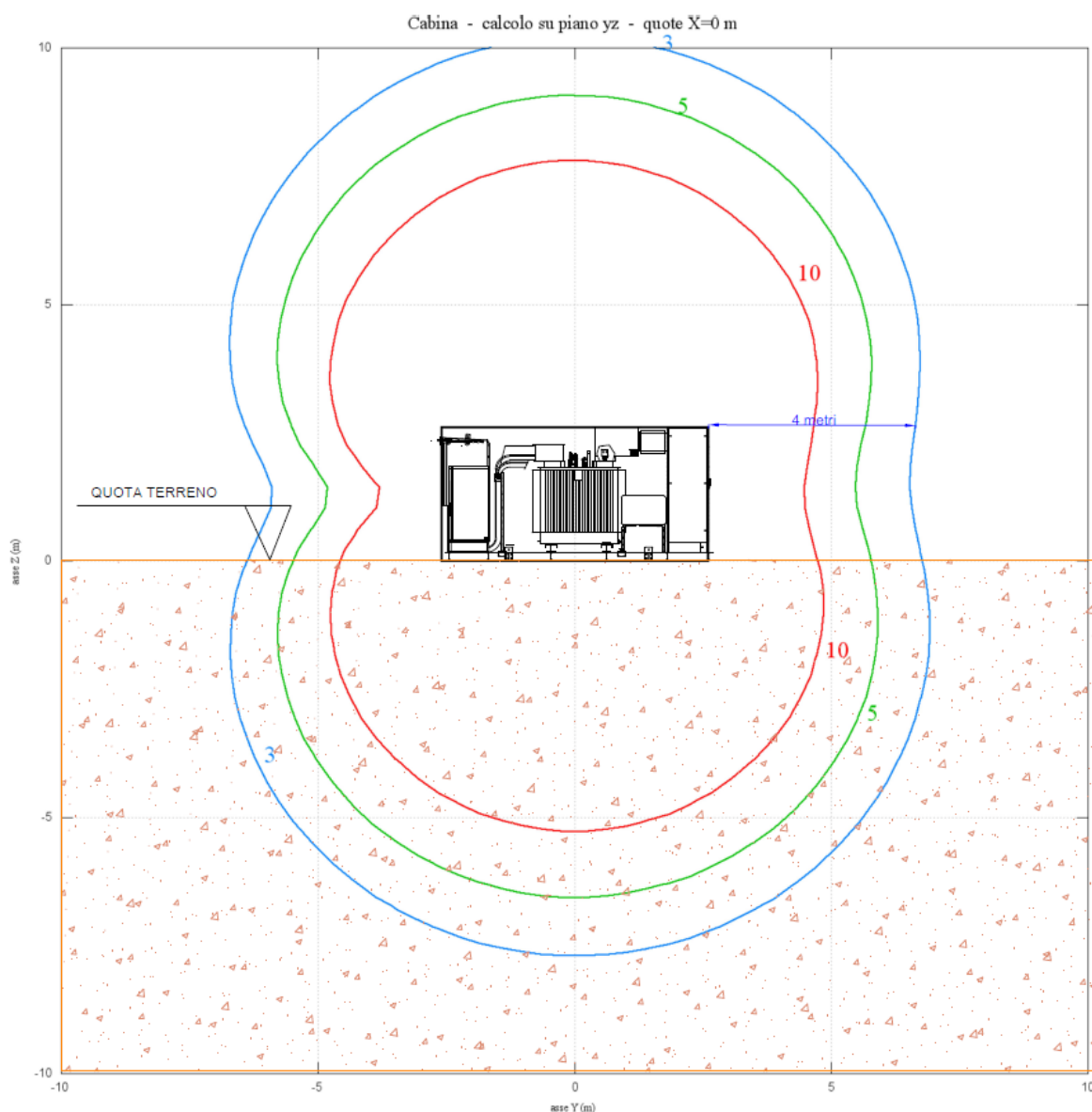
Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

Mediante software Magic v 1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding si è considerato il campo di induzione magnetica generato dagli elementi principali dalla Unità di Trasformazione.

In essa sarà collocato un trasformatore ad olio di taglia pari a **3500 kVA** (molto maggiore della taglia del trasformatore preliminarmente scelto per il progetto), un quadro elettrico di Media Tensione e di Bassa Tensione con i rispettivi collegamenti elettrici.

Il trasformatore, supposto operante a pieno carico, è stato simulato tramite il software posizionandolo all'interno dell'apposito manufatto accanto al quadro MT e al quadro BT. Si riporta in seguito l'andamento dell'induzione magnetica su un piano (YZ) e su piano (YZ) ottenuto.


Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

Figura 5 - Andamento del campo di induzione magnetica della Transformation Units in progetto sul piano YZ.

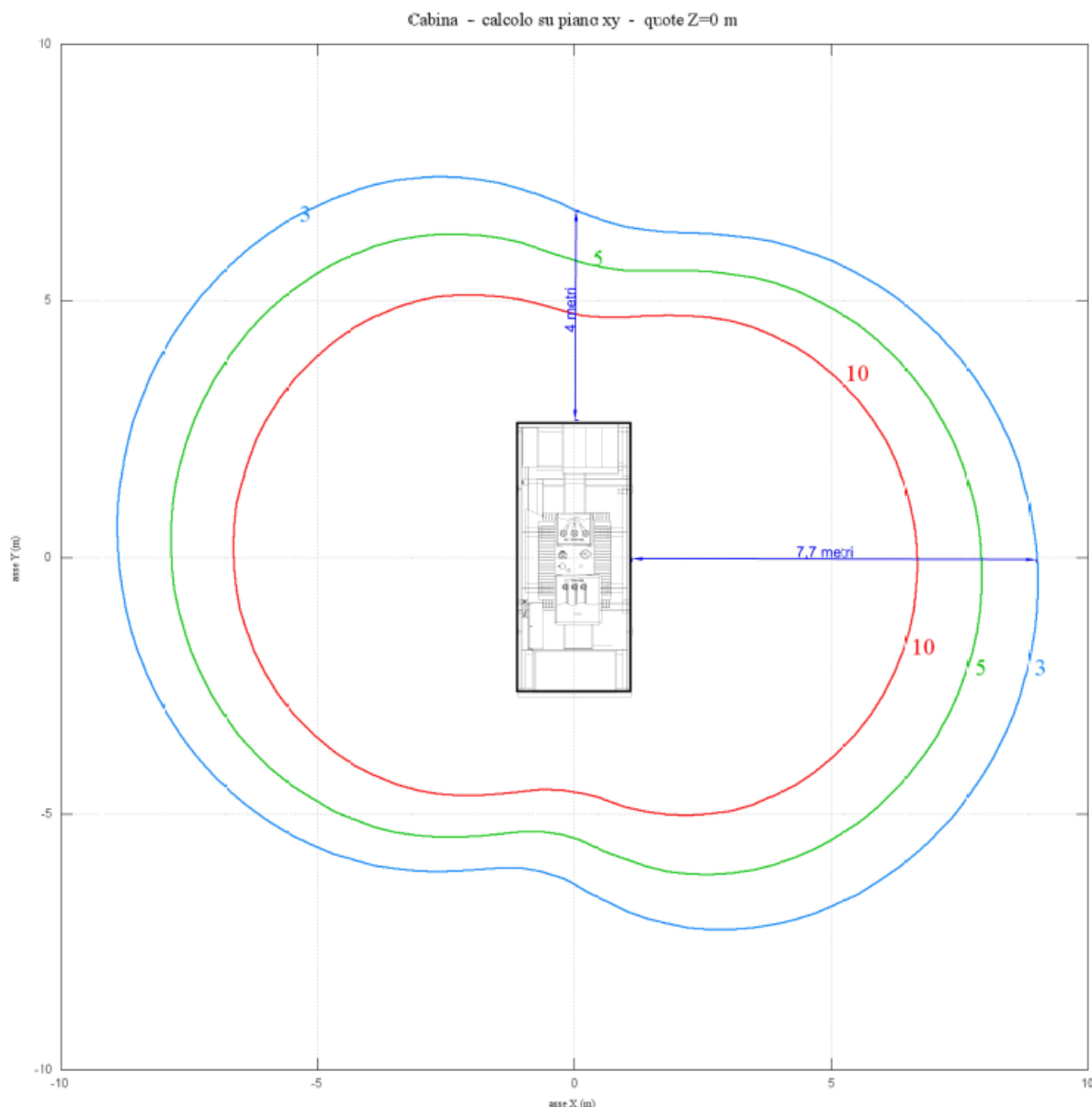



Figura 6 - Andamento del campo di induzione magnetica della Transformation Units in progetto sul piano XY.

Analizzando i valori di induzione magnetica precedenti sul piano XY e YZ, si nota che mantenersi ad una distanza in direzione dell'asse x di circa 8 metri ed in direzione dell'asse y di 4 metri dalla Transformation Units è sufficiente per raggiungere un valore di induzione magnetica che garantisce il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 18 |

Si ricorda che tale limite si applica per la realizzazione di nuove cabine elettriche in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti, di aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno.

In definitiva, poiché le cabine si configurano tutte all'interno della recinzione d'impianto non accessibile a persone non autorizzate e poiché l'area all'esterno della cabina in cui l'obiettivo di qualità non è raggiunto risulta esigua si può escludere pericolo per la salute pubblica.

Inoltre, lo studio condotto con il software "Magic" è stato fatto su un trasformatore MT/BT di taglia maggiore rispetto a quella in progetto (3500 kVA anziché da 2500 kVA), pertanto le condizioni di sicurezza simulate con il software risulteranno sicuramente soddisfatte ad una distanza minore di quella prevista in simulazione ed il rispetto dei limiti di induzione magnetica risulta quindi sicuramente soddisfatta.

Tuttavia, bisogna considerare che il trasformatore elevatore MT/BT non sarà costantemente presidiato e gli interventi di manutenzione ordinaria/straordinaria verranno eseguiti ad impianto fermo.

In definitiva, poiché tutte le T.U. in progetto e le loro linee di induzione elettromagnetica superiori a 3 μ T si configurano sicuramente all'interno della recinzione d'impianto, non accessibile a persone non autorizzate, si può escludere il rischio per la salute pubblica.

5.4. CABINE DI RACCOLTA

Per il progetto in esame è prevista l'installazione di n°3 cabine di raccolta: manufatto mono-blocco in c.a.v. di dimensioni esterne (LxDxH) pari a 6,7 x 2,5 x 2,66 m in cui saranno alloggiate tutte le apparecchiature elettriche necessarie al controllo e all'esercizio in sicurezza dell'impianto agrivoltaico, come:

- servizi ausiliari dell'impianto (relè di protezione, motori elettrici di movimentazione dei tracker, impianto di illuminazione, etc...);
- i trasformatori servizi ausiliari corredati di quadri BT;
- strumentazioni di controllo (sistemi SCADA, TVCC, ecc.).

All'interno della cabina di raccolta I CEM variabili significativi sono quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti in bassa tensione che afferiscono al trasformatore dei servizi ausiliari, trasformatore in resina di taglia massima pari ad 160 kVA.

Si aggiunge che in tale cabina elettrica potrebbe essere alloggiato anche un trasformatore ad olio MT/BT di potenza massima fino a 160 kVA. All'interno della cabina di consegna, gli unici CEM variabili significativi, sono quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti in bassa tensione che afferiscono al trasformatore MT/BT nel caso in cui esso fosse presente. Mediante software Magic v 1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding si è considerato il campo di induzione magnetica generato dagli elementi principali della cabina di consegna. In essa sarà collocato un trasformatore in resina di taglia pari a

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

160 kVA, un quadro elettrico di Media Tensione e di Bassa Tensione con i rispettivi collegamenti elettrici. Segue una rappresentazione schematica del manufatto elettrico nel software Magic:

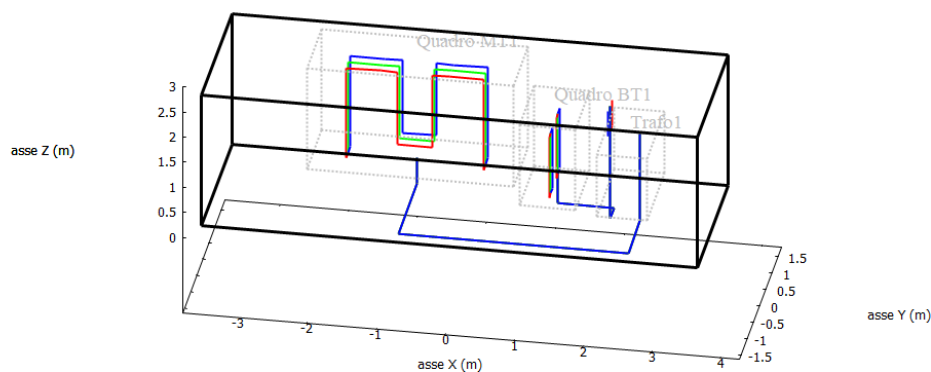
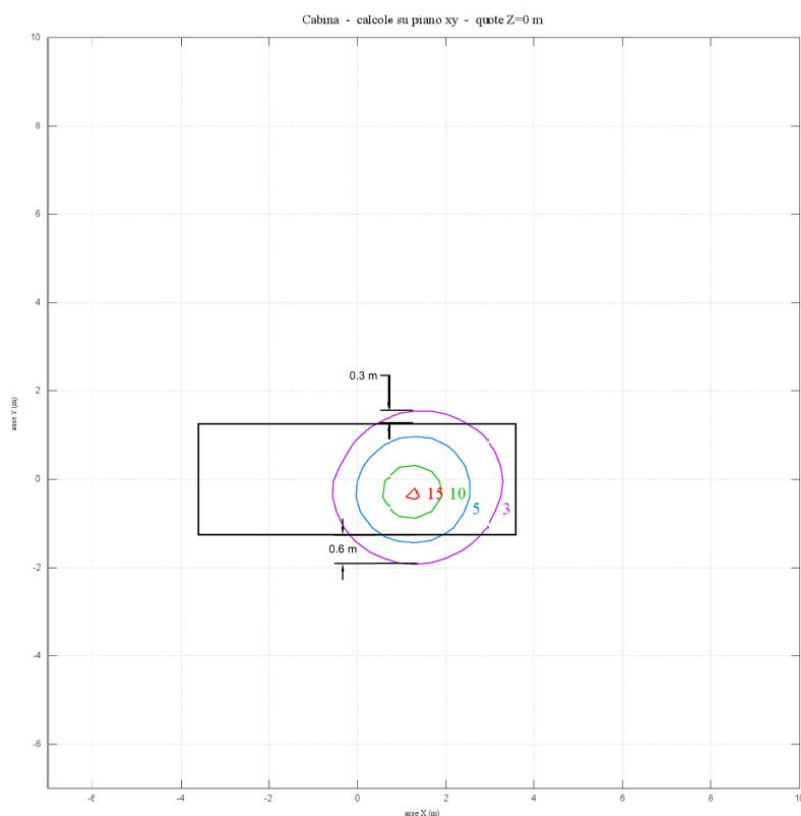


Figura 7 - Posizione nello spazio tridimensionale della cabina di raccolta

Si riporta in seguito l'andamento dell'induzione magnetica su un piano (XZ) e su piano (YZ) ottenuto mediante software Magic v 1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding.



Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno,
San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**


| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 20 |

Figura 8 - Andamento del campo di induzione magnetica della cabina di raccolta sul piano XY (vista planimetrica).

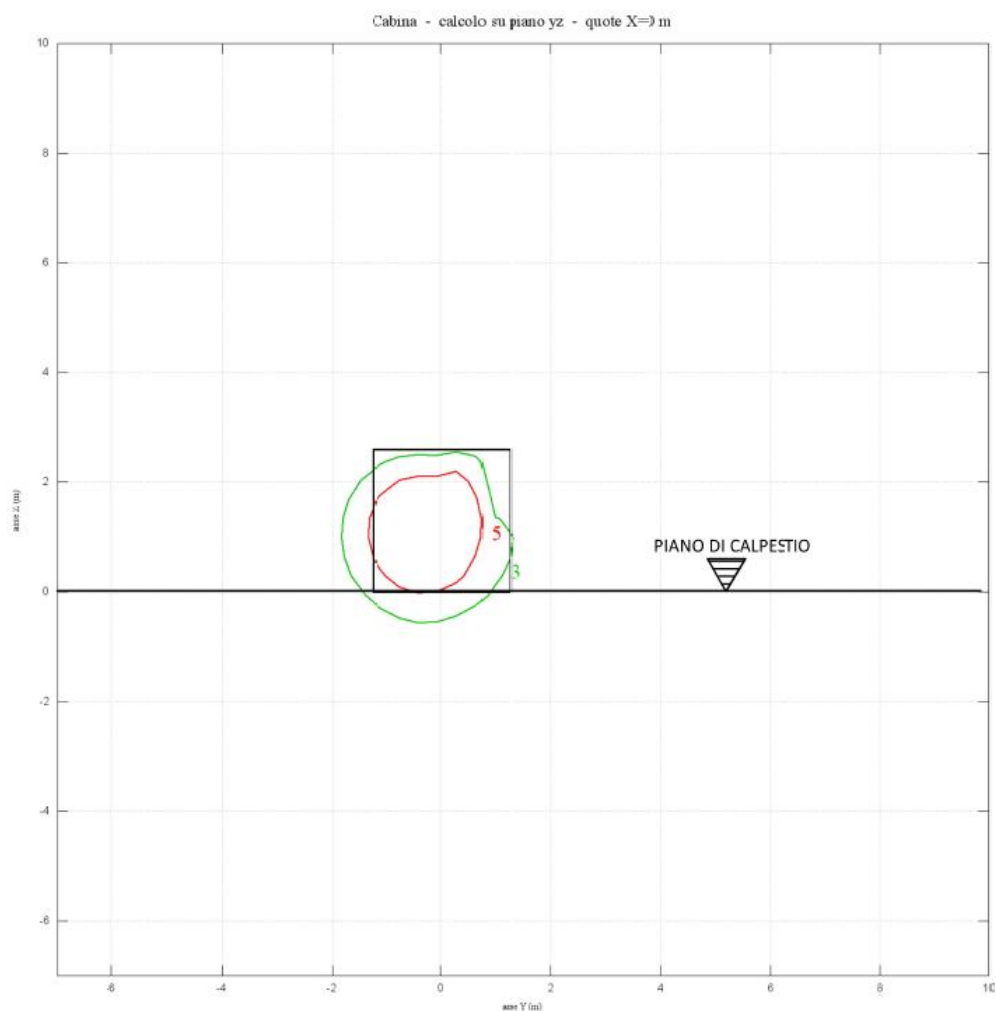



Figura 9 - Andamento del campo di induzione magnetica della cabina di raccolta sul piano YZ (Vista laterale).

Analizzando i valori di induzione magnetica precedenti sul piano XY e YZ, si nota che all'esterno del manufatto il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T risulta essere rispettato mantenendosi ad una distanza di meno di 1 metro dalle pareti esterne del manufatto.

All'interno del locale cabina, a 2 m di distanza dal trasformatore, l'induzione magnetica risulta superiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003. **Si specifica che, l'accesso alla cabina di**

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 21 |

raccolta sarà riservato unicamente agli addetti ai lavori (tecnici specializzati) la cui permanenza in loco sarà limitata nel tempo (molto difficilmente superiore alle 4 ore).

In caso di permanenze superiori alle 4 ore dovute ad attività di manutenzione straordinaria si procederà a fermo dell'impianto. Diversamente, all'esterno del locale cabina, l'induzione magnetica risulta inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T. Si ricorda che tale limite si applica per la realizzazione di nuove cabine elettriche in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti, di aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno. Si aggiunge infine che tale cabina di raccolta e le loro linee di induzione elettromagnetica superiori a 3 μ T si configurino all'interno della recinzione d'impianto in un'area non accessibile a persone non autorizzate.

6. ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DEL SISTEMA DI ACCUMOLO

6.1. INVERTER BIDIREZIONALI E BATTERIE

La progettazione del sistema BESS è tale da garantire il rispetto degli obiettivi di qualità fissati dalla legislazione e dalle norme tecniche di riferimento vigenti in materia di campi elettromagnetici. Ogni modulo batterie risponderà ai requisiti della normativa vigente (IEC 61000) per quanto riguarda l'emissione di onde elettromagnetiche. Ogni modulo sarà equipaggiato con un set di opportuni filtri, che saranno in grado di evitare la trasmissione di disturbi a frequenze elevate attraverso i conduttori di potenza.

La messa a terra dei containers, la gestione del sistema DC isolato da terra, la presenza del trasformatore BT/AT che assicurerà un isolamento galvanico della sezione di conversione rispetto al punto di connessione AT, consentiranno di evitare i disturbi anche attraverso modalità di accoppiamento di modo comune. L'emissione irradiata sarà schermata attraverso l'installazione dei componenti in container o la realizzazione di box metallici. In sintesi, l'impatto elettromagnetico generato dai moduli batterie e dai moduli PCS (inverter bidirezionali) è nullo in quanto la Distanza di Prima Approssimazione calcolata per 3 μ T (obiettivo di qualità) ad esse associata, nell'assetto di progetto, ricadrà interamente nell'intorno delle apparecchiature.

6.2. TRASFORMATORI BT/MT - SMART TRANSFORMER STATION

Per il sistema di accumulo integrato all'impianto agrivoltaico in esame sono state previste 2 tipologie di *Smart Transformer Station (STS)* fornite da Huawei appositamente progettate per sistemi BESS: JUPITER-9000K-H0 e STS-6000K-H1, che supportano blocchi di potenza di 9 MVA e 6.8 MVA. Si prevedono n°3 Smart Transformer Station di tipo JUPITER-9000K-H0 e n°1 Smart Transformer Station di tipo JUPITER-6000K-H0. Si riportano in seguito le caratteristiche principali:

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| Input | | | |
|--|---|---------------------------|----------------|
| STS model | JUPITER-9000K-H0 | STS-6000KTL-H1 | STS-3000KTL-H1 |
| Available Inverters / PCS | SUN2000-200KTL / SUN2000-215KTL / LUNA2000-200KTL | | |
| Maximum LV AC Inputs | 44 | 34 | 17 |
| AC capacity | 9000 kVA @40°C | 6800 kVA@40°C | 3400 kVA@40°C |
| Rated input voltage | 800 V AC | | |
| Maximum input current at nominal voltage | 2 * 3572 A | 2 * 2637.8 A | 2637.8 A |
| Output | | | |
| Rated output voltage | 22 / 30 / 33 / 34.5 kV | | |
| Frequency | 50 Hz | | |
| Transformer type | Oil-immersed, Conservator Type | | |
| Transformer cooling type | ONAN | | |
| Tappings | ±2 x 2.5% | | |
| Transformer oil type | Mineral oil (PCB-free) | | |
| Transformer vector group | Dy11-y11 | Dy11-y11 | Dy11 |
| Transformer Minimum PEI Efficiency | Designed according to EN 50588-1 | | |
| Transformer impedance (HV-LV1 or HV- LV2) | 19% (0 ~ +10%) @4500 kVA | 7.3% (0 ~ +10%) @3400 kVA | |
| Medium-voltage ring main unit | SF ₆ gas insulated ring main unit | | |
| Auxiliary transformer | 3 kVA, li0 | 5 kVA, Dyn11 | |
| 2.0 kVA UPS | Optional | | |

Figura 10 - Caratteristiche Smart Transformer Station in progetto.

All'interno della "Smart Transformer Station", I CEM variabili significativi, sono quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti in bassa tensione che afferiscono al trasformatore MT/BT.

Nel trasformatore MT/BT il valore dell'induzione magnetica B decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 e 10 m, nei trasformatori in resina l'induzione magnetica può essere calcolata attraverso la seguente formula (sviluppo tridimensionale del campo):

$$B = 0.72 * u_{cc} * \frac{\sqrt{S_r}}{d^{2.8}}$$

dove:

- u_{cc} : tensione di corto circuito [%], pari al 6% dato che i trasformatori utilizzati hanno tutti una potenza superiore a 400 kVA;
- S_r : potenza apparente nominale del trasformatore [kVA];
- d : distanza dal trasformatore [m].

In virtù di un approccio maggiormente conservativo si considerato il campo di induzione magnetico generato da un trasformatore MT/BT di taglia pari a 14000 kVA. Si riporta l'andamento dell'induzione magnetica su un piano un trasformatore MT/BT da 14000 kVA, operante a pieno carico, posto su un piano

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

ad altezza di 0 m dal livello del suolo. Si riporta in seguito l'andamento dell'induzione magnetica su un piano XZ, YZ e XY ottenuto mediante software Magic v 1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding.

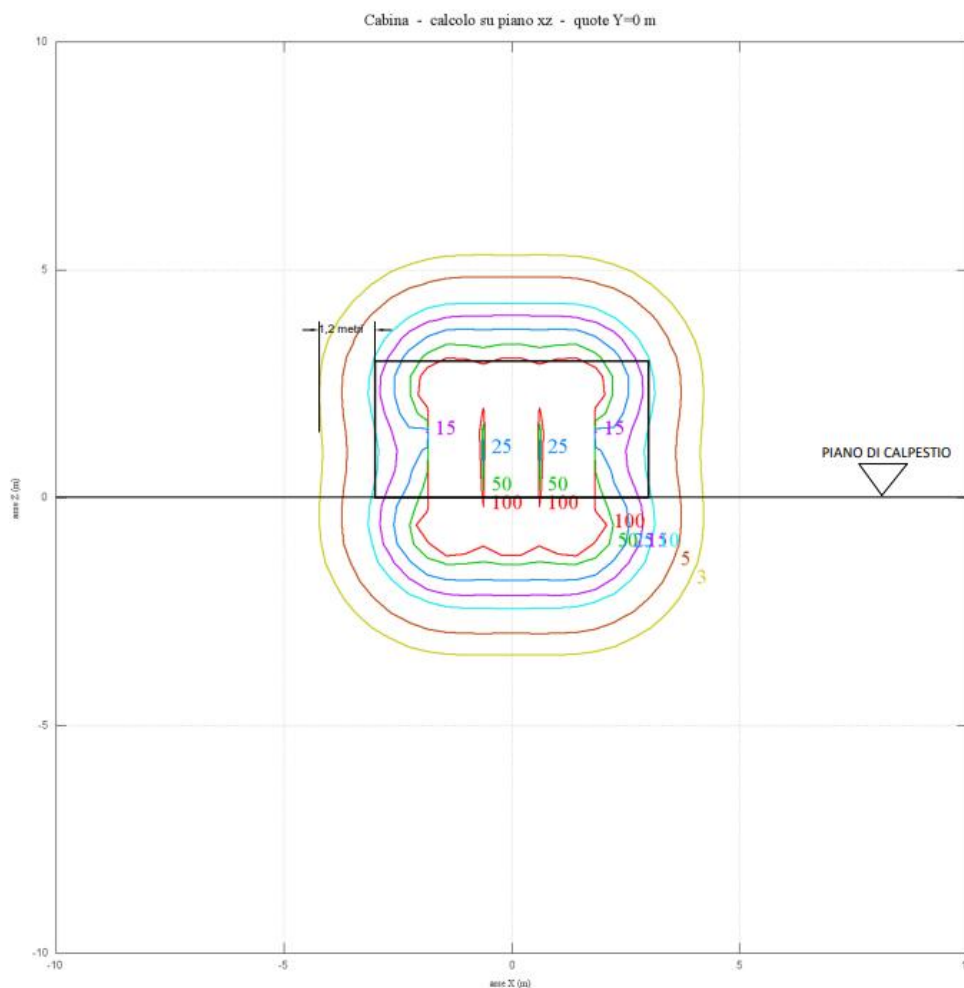


Figura 11: Andamento del campo di induzione magnetica Smart Transformer Station in progetto sul piano XZ

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno,
San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

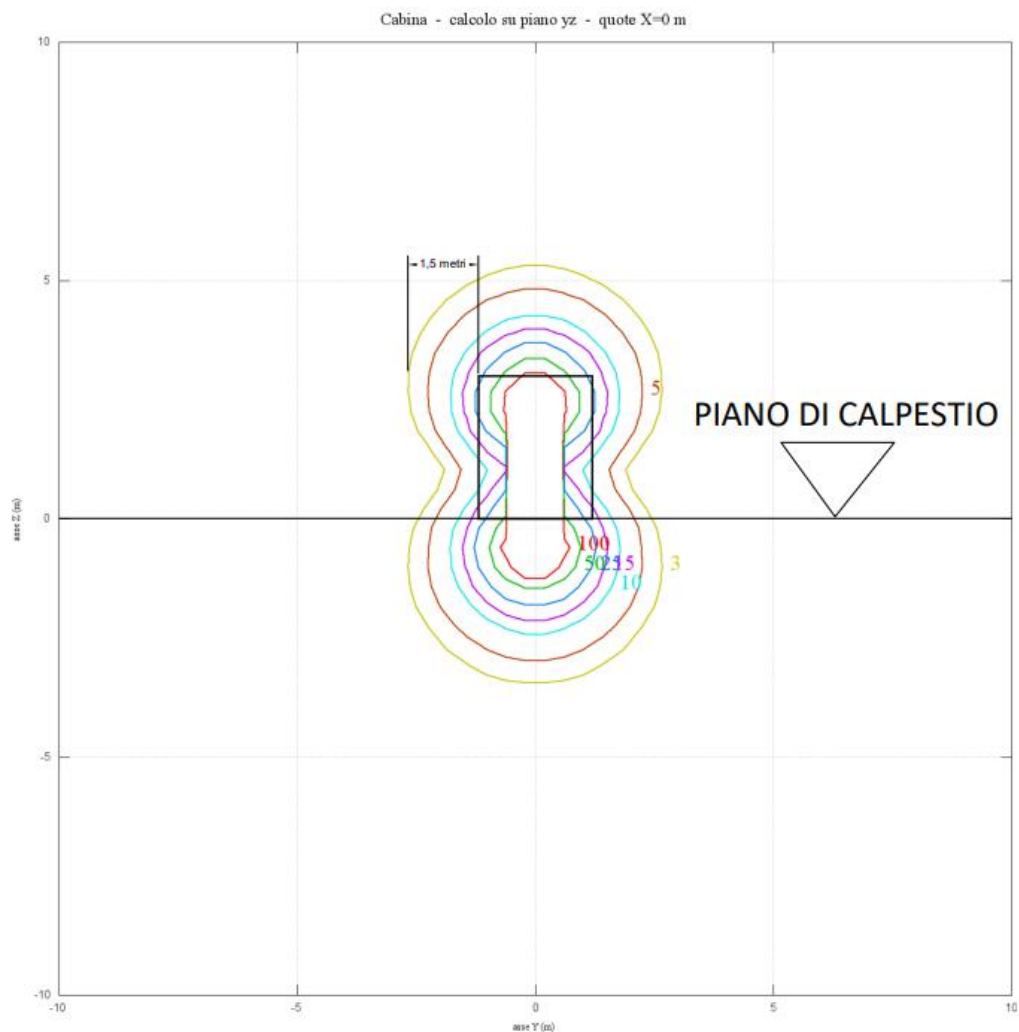


Figura 12: Andamento del campo di induzione magnetica della Smart Transformer Station in progetto sul piano YZ

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno,
San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

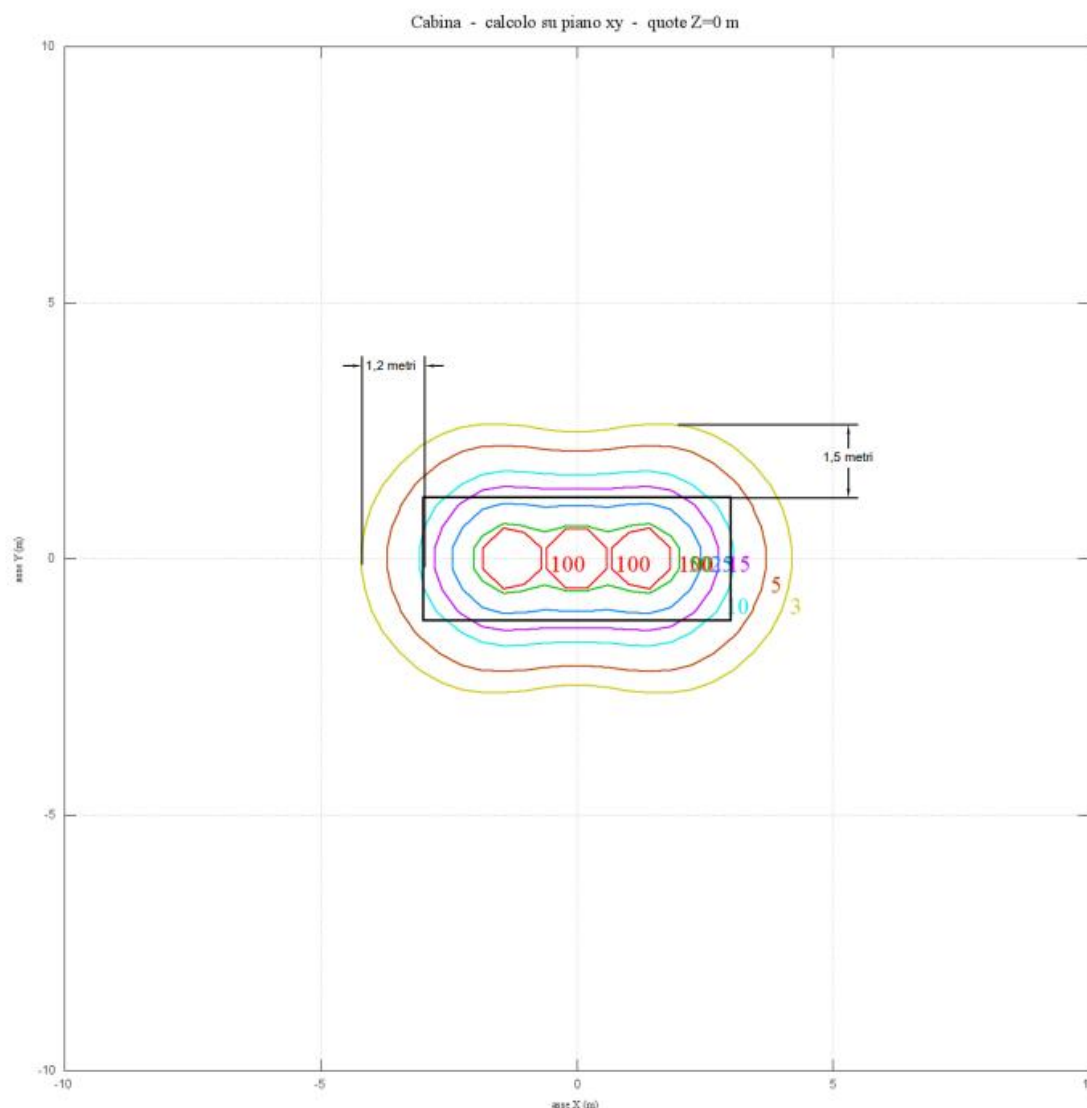


Figura 13: Andamento del campo di induzione magnetica della Smart Transformer Station in progetto sul piano XY


Analizzando i valori di induzione magnetica precedenti sul piano XZ, YZ e XY si nota che mantenersi ad una distanza in direzione dell'asse X di circa 1,5 m dalle pareti esterne della Smart Transformer Station (STS) è sufficiente per raggiungere un valore di induzione magnetica che garantisce il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

Si ricorda che tale limite si applica per la realizzazione di manufatti elettrici in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti, di aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno. In definitiva,

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 26 |

poiché gli STS si configurano tutte all'interno della recinzione d'impianto non accessibile a persone non autorizzate e poiché l'area adiacente alla *Smart Transformer Station (STS)* in cui l'obiettivo di qualità non è raggiunto risulta esigua si può escludere pericolo per la salute pubblica.

6.3. CABINE DI RACCOLTA BESS


Per il progetto in esame è prevista l'installazione di n°1 cabina di raccolta per il sistema di accumulo: manufatto mono-blocco in c.a.v. di dimensioni esterne (LxDxH) pari a 8 x,2,5 x 2,66 m in cui saranno alloggiate tutte le apparecchiature elettriche necessarie al controllo e all'esercizio in sicurezza del sistema di accumulo. All'interno della cabina di raccolta, I CEM variabili significativi, sono quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti in bassa tensione che afferiscono al trasformatore dei servizi ausiliari, trasformatore in resina di taglia massima pari ad 160 kVA. Per la cabina di raccolta del sistema di accumulo sono valide le considerazioni fatte per la cabina di Raccolta dell'impianto agrivoltaico avanzato; pertanto, fare riferimento a quanto riferito al Paragrafo 5.4 della presente relazione.

7. ANALISI IMPATTO ELETTROMAGNETICO DEI COLLEGAMENTI ELETTRICI

Tutte le apparecchiature elettriche costituenti l'impianto di Pratello saranno collegati tra loro menti impianti elettrici realizzati a regola d'arte. I cavi previsti nell'impianto agrivoltaico avanzato integrato con BESS denominato "Pratello", sono essenzialmente:

- **Cavi in CC**
 - Cavi di stringa: ovvero i cavi CC che collegano la stringa agli inverter di stringa;
- **Cavi in CA/BT:**
 - Cavi inverter impianto di produzione: ovvero i cavi in CA che collegano gli inverter di stringa alle unità di trasformazione (T.U);
 - Cavi inverter bidirezionali del BESS: ovvero i cavi in CA che collegano gli inverter bidirezionali del BESS (PC Inverters) alle Smart Transformer Station (STS);
- **Cavi in CA/MT:**
 - Cavi MT utilizzati nelle linee radiali interne al campo agrivoltaico e del BESS verso le cabine elettriche e l'elettrodotto MT di connessione verso la Sottostazione elettrica utente;
- **Cavi in CA/AT:**
 - l'elettrodotto AT di connessione verso la Cabina Primaria di e-distribuzione in uscita dalla Sottostazione elettrica utente;
 -

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 27 |

Altri cavi: quali ad esempio i cavi di alimentazione dei tracker, cavi dei sistemi di sicurezza, etc.

Il dimensionamento dei cavi eserciti in BT, MT e AT, utilizzati per il trasporto di energia è stato effettuato tenendo conto dei seguenti criteri di verifica:

- Criterio termico: è stato verificato che ogni tratto di cavo abbia una sezione tale che la sua portata sia sempre superiore alla corrente di impiego ad esso associata, in modo da non avere una perdita di vita utile del cavo stesso;
- Criterio elettrico: è stato verificato che la caduta di tensione relativa al percorso più lungo sia inferiore al 2%;
- Tenuta del cavo alla corrente di corto circuito.

7.1. CAVI ELETTRICI BT

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC (uno per il polo negativo, uno per il polo positivo), ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Verranno quindi collegati in serie tra di loro fino a comporre una stringa, che in questo progetto è composta dalla serie di 28 moduli fotovoltaici

Il collegamento elettrico in bassa tensione in corrente continua tra stringhe e gli inverter di stringa è stato effettuato mediante un cavo unipolare flessibile stagnato di tipo H1Z2Z2 – K ideato appositamente per le applicazioni solari.


il collegamento elettrico in bassa tensione in corrente alternata tra

- Cavi inverter impianto di produzione: ovvero i cavi in CA che collegano gli inverter di stringa alle unità di trasformazione (T.U);
- Cavi inverter bidirezionali del BESS: ovvero i cavi in CA che collegano gli inverter bidirezionali del BESS (PC Inverters) alle Smart Transformer Station (STS);

è stata effettuata mediante un cavo tripolare in alluminio di tipo ARG7R – ARG7OR - 0,6/1kV. La modalità di posa di tali cavi risulta essere di tipo L (ovvero direttamente interrata senza l'utilizzo di protezione meccanica), e di tipo A (ovvero in aria libera).

La corrente elettrica transitante nei collegamenti BT risulta essere in bassa tensione in corrente continua: per cui, analogamente a quanto riferito per i moduli fotovoltaici, la generazione di CEM variabili è limitata ai soli transistori di corrente e quindi tali cavi sono da considerarsi assolutamente irrilevanti come fonte di campi elettromagnetici a bassa frequenza. Una volta raggiunti gli inverter di stringa, la corrente elettrica in bassa tensione in corrente alternata viene trasportata attraverso cavi elettrici interrati fino al T.U.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 28 |

ove confluiscono al quadro elettrico generale di bassa tensione. **La corrente elettrica transitante nei risulta essere in bassa tensione in corrente alternata e per cui soggetta alla generazione di CEM variabili.**

Tuttavia, scelta tecnica di predisporre il cavo di bassa tensione all'interno dell'area di impianto in trincee secondo una modalità di posa interrata di tipo L fa sì che il campo elettrico da esso generato risulti pressoché nullo nelle immediate vicinanze il cavo e sul piano di calpestio, e che quindi non costituisca un rischio rilevante per la popolazione in termini di esposizione a CEM.

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati lungo l'impianto in progetto possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

7.2. CAVI ELETTRICI MT

I cavi in media tensione (30 kV AC) in progetto vengono utilizzati per i seguenti collegamenti:

Lato impianto agrivoltaico avanzato:

- Collegamento in “entra-esce” tra Transformation Units;
- Collegamento in “entra-esce” tra Transformation Units e cabine di raccolta;
- Collegamento in “entra-esce” tra cabine di raccolta;
- Collegamento cabina di raccolta e la Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV;

Lato sistema di accumulo:


- Collegamento in “entra-esce” tra Smart Transformer Station (STS);
- Collegamento tra Smart Transformer Station (STS) e cabina di raccolta BESS;
- Collegamento cabina di raccolta BESS e Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV;

Per tali collegamenti è stato previsto l'utilizzo del cavo unipolare con conduttore in alluminio ARE4H5E COMPACT 18/30 kV



Figura 14: Cavo MT - ARE4H5E

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 29 |

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche, il cavo rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Le principali caratteristiche costruttive del cavo ARE4H5E COMPACT 18/30 kV risultano:

- Tensione nominale U_0/U : 18/30 kV
- Anima: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio – Cl. 2(IEC 60228).
- Semiconduttore interno: Mescola semiconduttiva estrusa
- Isolante: mescola estrusa di polietilene (XLPE)
- Semiconduttore esterno: mescola semiconduttiva estrusa – non pelabile;
- Rivestimento protettivo: Nastro semiconduttore igroespandente;
- Guaina: Polietilene colore rosso (DMP 2);
- Temperatura max. di esercizio del conduttore: 90°C;
- Temperatura max. di cortocircuito del conduttore: 250°C (max 5s);
- Temperatura max. di cortocircuito dello schermo: 150°C;
- Temperatura min. di posa: 25°C;
- Sforzo max. di trazione sul conduttore durante l'installazione: 50 N/mm²;
- Raggio min. di curvatura durante l'installazione: 14 D_{cav};

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche, il cavo rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Il tipo di posa considerata è di tipo **M** (ovvero direttamente interrata con tegolo o lastra di CLS/altro materiale quale protezione meccanica aggiuntiva), con profondità dello scavo pari ad 1,4 m. Per tutti i tratti di cavo previsti è stata dimensionata accuratamente la sezione del conduttore del cavo in modo tale che esso sia in grado di trasportare i carichi elettrici ivi transitanti in pieno soddisfacimento del criterio termico, elettrico e di corto circuito come previsto dalla norma CEI 11-17.

Per tutti i tratti di cavo previsti è stata dimensionata accuratamente la sezione del conduttore del cavo in modo tale che esso sia in grado di trasportare i carichi elettrici ivi transitanti in pieno soddisfacimento del criterio termico, elettrico e di corto circuito come previsto dalla norma CEI 11-17. In seguito, si riporta la tabella caratteristica di ciascun tratto di cavidotto di media tensione in oggetto del dimensionamento:

Tabella D: Valori di riferimento per i cavi MT in progetto (in azzurro per impianto agrivoltaico, in verde per sistema di accumulo)

| Tratto | Lunghezza a [m] | S _{AC} [MVA] | N° cores | N° terne per tratto | Corrente IMPIEGO [A] | Sezione [mmq] | R[Ω/m] | X[Ω/m] | Portata singola terna [A] | Portata totale [A] | ΔU% |
|--|-----------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|----------------------------|------------------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------|-------|
| <i>Transformation units 1 - Cabina di raccolta 1</i> | 435 | 2,5 | 3 | 1 | 48 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,05% |
| <i>Transformation units 3 - Transformation units 2</i> | 240 | 2,5 | 3 | 1 | 48 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,03% |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|---|---|-----|------------|---------|---------|-----|-----|-------|
| <i>Transformation units 2 - Cabina di raccolta 1</i> | 75 | 5 | 3 | 1 | 96 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,02% |
| <i>Transformation units 4- Cabina di raccolta 2</i> | 10 | 2,5 | 3 | 1 | 48 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,00% |
| <i>Transformation units 9 - Transformation units 8</i> | 95 | 2,5 | 3 | 1 | 48 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,01% |
| <i>Transformation units 8 - Transformation units 7</i> | 95 | 5 | 3 | 1 | 96 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,02% |
| <i>Transformation units 7 - Transformation units 6</i> | 200 | 7,5 | 3 | 1 | 144 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,07% |
| <i>Transformation units 6 - Transformation units 5</i> | 150 | 10 | 3 | 1 | 192 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,07% |
| <i>Transformation units 5 - Cabina di raccolta 3</i> | 320 | 12,5 | 3 | 1 | 241 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,18% |
| <i>Cabina di raccolta 1 - Cabina di raccolta 2</i> | 725 | 7,5 | 3 | 1 | 144 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,25% |
| <i>Cabina di raccolta 3 - Cabina di raccolta 2</i> | 575 | 12,5 | 3 | 1 | 241 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,33% |
| <i>SSE -Cabina di raccolta 2</i> | 9035 | 20 | 3 | 1 | 385 | 500 | 8,9E-05 | 0,0001 | 789 | 789 | 1,78% |
| <i>SST 1 - Cabina di Raccolta BESS</i> | 80 | 9 | 3 | 1 | 173 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,03% |
| <i>SST 2 - Cabina di Raccolta BESS</i> | 60 | 9 | 3 | 1 | 173 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,02% |
| <i>SST 3 - Cabina di Raccolta BESS</i> | 40 | 9 | 3 | 1 | 173 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,02% |
| <i>SST 4 - Cabina di Raccolta BESS</i> | 50 | 6 | 3 | 1 | 115 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,01% |
| <i>Cabina di raccolta BESS - SSE</i> | 120 | 33 | 3 | 1 | 635 | 95 | 0,00042 | 0,00013 | 285 | 285 | 0,18% |

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico ai fini della verifica del soddisfacimento dei criteri. Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto di media tensione sono principalmente:

- Distanza dalle sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- Intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- Disposizione delle sorgenti (configurazione dei conduttori di fase);
- Presenza eventuale di sorgenti compensatrici;


I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente su:

- 1) Riduzione della distanza tra le fasi;
- 2) Installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo;
- 3) Utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate;
- 4) Interramento della terna di cavi;

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno,
San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 31 |

Quest'ultima soluzione risulta essere la soluzione maggiormente impiegata per il contenimento dei CEM ai fini di un potenziale rischio di esposizione sulla popolazione: si è infatti dimostrato che i valori di campo magnetico indotti dai vari elettrici di media tensione risultano notevolmente abbattuti mediante il completo interrimento degli elettrodotti. Questi, posti ad una profondità di scavo pari a 1,4 metri nel terreno, saranno sorgenti di un campo magnetico variabile che risulta essere completamente smorzato già al livello del suolo. In aggiunta, si specifica che sarà la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di una terna di cavi in configurazione cosiddetta "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo nelle immediate prossimità dei cavi.

7.2.1. VERIFICA DELL'OBIETTIVO DI QUALITÀ.

Nei cavi MT, il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori, in particolare, sarà:

| <i>Terna trifase di conduttori in piano</i> | <i>Terna trifase di conduttori a triangolo</i> |
|--|--|
| $B = 0.2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I \cdot S}{D^2}$ | $B = 0.1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I \cdot S}{D^2}$ |
| Dove: <i>B</i> = induzione magnetica [μT] <i>I</i> = corrente che percorre i conduttori [<i>A</i>] <i>S</i> = distanza tra le fasi [<i>m</i>] <i>D</i> = distanza tra la terna di conduttori e il punto in cui si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [<i>m</i>] | |

Tabella E: Calcolo dell'induzione magnetica per i cavi

Per i calcoli di verifica effettuati si sono state considerate le correnti a potenza nominali, ovvero massime circolanti sull'elettrodotto in esame. Vista la natura della sorgente primaria di energia, questa potenza non verrà erogata dall'impianto continuamente. Attraverso il software Magic v1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding, è stato possibile eseguire la simulazione relativa all'impatto elettromagnetico risultante **di una terna di cavi MT di collegamento di tipo unipolare di sezione pari a 500 mm, in materiale alluminio**, transitante tra la cabina di raccolta e la Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/132 kV.

Tale configurazione elettrica di doppia terna in un solo scavo viene infatti a verificarsi nel tratto del cavidotto compreso tra la cabina di raccolta n°2 dell'impianto e la Sottostazione elettrica utente, in cui il collegamento "Cabina di raccolta 2 - SSE" di metri pari a 9035. Tale tratta risulta essere interessante in quanto:

- 1) **Tratto di cavidotto il cui percorso interessa in parte anche la viabilità stradale esistente, frequentata assiduamente anche dalla popolazione locale;**
- 2) **Il cavo in cui circola la corrente più intensa in tutto il progetto;**
- 3) **Il cavo di sezione maggiore in esame**

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

Per quanto precedentemente descritto, esso costituisce quindi il caso più rappresentativo per verifica del rispetto dei valori limite indicati nel DPCM 08/07/2003. Per tale tratta si è supposto l'impiego di una terna di cavi unipolari di sezione pari a **500 mm²**, direttamente interrata nel suolo (posa di tipo L. in ciascun cavo circolerà una corrente **pari a 385 A**. Il diametro esterno di ciascun cavo unipolare è pari a 0,05 metri. Si riporta di seguito la mappa 2D dell'induzione magnetica su un piano (Figura) ipotizzando la posizione delle terne disposte a triangolo, ad una inter-distanza pari al loro diametro, collocate nel punto (0;0) del piano XY. Il piano di calpestio si trova ad una distanza di 1,4 metri dal punto (0;0) in direzione Y.



Figura 15: Induzione magnetica su piano 2D. Curve isolivello.


Come è possibile constatare dall'immagine sopra, quindi, il valore di induzione magnetica al suolo, ovvero ad 1,4 metri dall'asse del cavidotto, risulta:

- 1) **Sicuramente inferiore a 10μT, valore indicato nel DPCM 08/07/2003 come limite di attenzione previsto per le aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno.**
- 2) **Inferiore a 3μT, valore indicato nel DPCM 08/07/2003 come valore obiettivo di qualità**

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 33 |

Infine, come è possibile constatare anche dagli inquadramenti grafico allegato “PRAPD0T31-00 - Inquadramento Ortofoto DPA”, si sottolinea che la posa dei cavidotti è prevista in siti lontani da ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia, etc.; correndo per la gran parte del loro percorso lungo ai margini della rete viaria esistente. Si sottolinea quindi come quest'ultimo si trovi a distanza sempre **maggiore di 3 m** da qualsiasi elemento sensibile ad ora individuato.

Per tutti i cavidotti MT sono dunque rispettati anche i valori di azione indicati nel D.Lgs. 159/2016, pari a 100 µT per il campo magnetico.


Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato (modalità di posa interrata L, M o N), esso è da ritenersi insignificante grazie al mutuo effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno agricolo.

7.3. EFFETTO CUMULO CON ALTRE INIZIATIVE

Nell'ambito della presente analisi è stata condotta una valutazione specifica in merito al possibile effetto cumulo derivante dalla presenza di due impianti fotovoltaici delle società REVEZ srl e ISIRE srl, ubicati in aree limitrofe e connessi alla rete elettrica mediante proprie linee di collegamento. Tale approfondimento si rende necessario al fine di garantire la piena conformità alle normative vigenti in materia di esposizione ai campi elettromagnetici, con particolare riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM 29/05/2008, che disciplinano i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la popolazione e per i lavoratori.

Sono nello specifico due le zone di sovrapposizione tra il cavidotto dell'impianto Pratello con quelli delle altre due iniziative:


| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 34 |

1. Sovrapposizione Pratello – Isire Srl:



| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 35 |

2. Sovrapposizione Pratello – Isire Srl – Revez Srl:



Le simulazioni effettuate hanno considerato congiuntamente i contributi generati dalle linee elettriche in media tensione di progetto e da quelle afferenti agli altri impianti fotovoltaici, valutando quindi l'induzione magnetica risultante lungo le direttrici di maggiore interesse. I risultati ottenuti evidenziano che, anche in configurazione di massimo carico simultaneo dei tre impianti, i valori di campo magnetico risultano inferiori ai limiti di esposizione e ai valori di attenzione previsti dalla normativa nazionale, attestandosi al di sotto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T sul piano del terreno.

Nella figura 16 è riportata, a titolo esemplificativo, la distribuzione delle linee di campo magnetico calcolata nello scenario di funzionamento simultaneo delle tre linee MT (**Sovrapposizione Pratello – Isire Srl – Revez Srl**), dalla quale si evince come il valore di 3 μ T (obiettivo di qualità) venga rispettato già a breve distanza dai conduttori.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

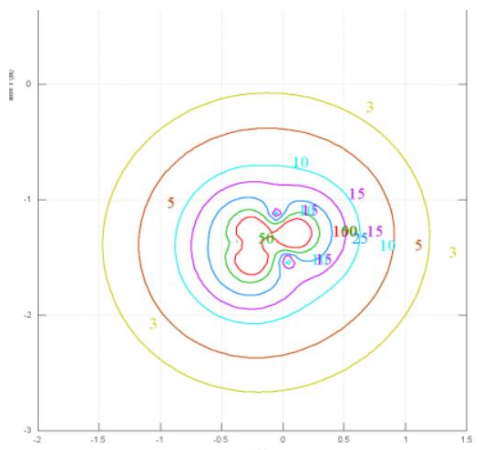


Figura 16– Andamento del campo di induzione magnetica generato dalle tre linee MT (scenario di massimo carico).

La figura 17 mostra invece i risultati della simulazione con due linee MT (**Sovrapposizione Pratello – Isire Srl**) che confermano il medesimo andamento di conformità normativa anche in condizioni di esercizio ridotto.

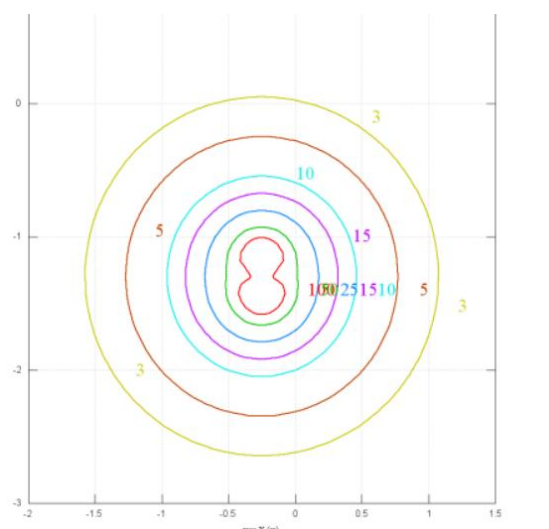



Figura 17 – Andamento del campo di induzione magnetica generato dalle due linee MT (scenario di massimo carico).

Si sottolinea inoltre che le aree in cui l'induzione magnetica potrebbe superare tale valore si collocano esclusivamente all'interno delle recinzioni perimetrali degli impianti e delle cabine elettriche, non accessibili al pubblico e riservate esclusivamente al personale tecnico addetto, la cui esposizione è comunque regolata dai valori di azione stabiliti dal D.Lgs. 159/2016.

Comune: **Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto**

Provincia: **Bologna**

Denominazione: **Pratello**

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 37 |

Alla luce di quanto esposto, si può concludere che l'effetto cumulo derivante dalla coesistenza dei tre impianti fotovoltaici e delle relative linee elettriche non comporta alcun impatto negativo in termini di esposizione ai campi elettromagnetici sulla popolazione circostante.

8. FASCE DI RISPETTO E DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Il decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” definisce sia la fascia di rispetto che la distanza di prima Approssimazione (DPA).

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore.

Distanza di prima approssimazione: per le linee elettriche è la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti cella cabina stessa che garantisca i requisiti di cui sopra.

Si specifica che forma e dimensione delle fasce di rispetto saranno, conseguentemente alla definizione delle stesse, variabili a seconda della tratta considerata in relazione ai dati caratteristici della stessa. Si definiscono per l'impianto in progetto tali grandezze.

8.1. CAVIMT


Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto per il cavidotto MT è stata effettuata la simulazione di calcolo per i casi presentati nei paragrafi precedenti.

La Distanza di Prima Approssimazione per i cavidotti MT nel caso più sfavorevole, analizzato al Paragrafo 7.1 risulta essere pari a 3 m.

8.2. MANUFATTI ELETTRICI

Nonostante le cabine elettriche scelte in fase di progettazione definitiva non siano tutte classificabili come standard si è scelto di determinare la Distanza di Prima Approssimazione applicando la procedura di calcolo definita dal Decreto Ministeriale 29 maggio 2008.

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 38 |

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali), è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso. Per determinare le DPA relativa al trasformatore si applica la formula:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0,5242}$$

dove:

I = Corrente nominale lato BT del trasformatore (A)

x = diametro dei cavi BT (m)

Otteniamo quindi i valori di induzione magnetica riportati nella seguente tabella, al variare della distanza dal trasformatore, considerando i diversi modelli di trasformatore:


| | Induzione elettromagnetica [μ T] | | |
|----------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Distanza | trasformatore da 500 kVA | trasformatore da 1500 kVA | trasformatore da 2000 kVA |
| 0,5 | 672,75 | 1165,23 | 1345,50 |
| 1 | 96,60 | 167,31 | 193,20 |
| 1,5 | 31,04 | 53,76 | 62,08 |
| 2 | 13,87 | 24,02 | 27,74 |
| 2,5 | 7,43 | 12,86 | 14,85 |
| 3 | 4,46 | 7,72 | 8,91 |
| 3,5 | 2,89 | 5,01 | 5,79 |
| 4 | 1,99 | 3,45 | 3,98 |
| 4,5 | 1,43 | 2,48 | 2,86 |
| 5 | 1,07 | 1,85 | 2,13 |

Tabella E – Valori di distanza e di induzione magnetica per i trasformatori.

I trasformatori di potenza BT/MT scelti in fase di progettazione sono del tipo ad olio e caratterizzate dalle seguenti caratteristiche:

- 1) N°9 Trasformatori MT/BT di potenza nominale pari 2500 kVA posti all'interno dell'impianto agrivoltaico avanzato;
- 2) N°4 Trasformatore ausiliare di potenza nominale massima pari 160 kVA posto all'interno di ciascuna cabina di raccolta (N°3 dell'impianto agrivoltaico avanzato e N°1 del sistema di accumulo)

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 39 |

- 3) N°3 Trasformatori MT/BT di potenza nominale pari a 9000 kVA ed N°1 di potenza nominale pari a 6000 kVA impiegati nel sistema di accumulo integrato;

Pertanto, per ciascuna cabina elettrica si ottiene una DPA, arrotondata al mezzo metro superiore pari a:

- **8 metri per ciascuna Transformation Units (TU) prevista nell'impianto agrivoltaico avanzato;**
- **1 metro per cabina di raccolta;**
- **1 metro cabina di raccolta BESS;**
- **2 metri per ciascuna Smart Transformer Station (STS) previsto nel sistema di accumulo;**

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto sarebbero determinate fasce di rispetto (calcolate in funzione del limite di esposizione, nonché valore di attenzione, pari a 5 kV/m) che sono sempre inferiori a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

9. CONCLUSIONI


La determinazione delle Distanza di Prima Approssimazione è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e quindi riportando per ogni opera elettrica il valore relativo. Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge. Dalla verifica di tutta la linea elettrica interrata non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite come ben rappresentato nell'elaborato grafico "PRAPD0T31-00 - Inquadramento Ortofoto DPA".

Nella sottostante tabella sono riassunti i valori di DPA sopra menzionati.

Tabella 1: Valori di DPA adottati per il progetto

| Tipologia | Ampiezza fascia |
|---|---|
| Elettrodotto 30 kV | Linea in cavi sotterranei Trifoglio chiuso $1,5 + 1,5 = 3,0$ metri |
| Cabine di raccolta (BESS ed impianto agriv) | 1 metro rispetto superficie esterna manufatto |
| Transformation Units | 8 metri rispetto superficie esterna manufatto |
| Smart Transformation Station | 2 metri rispetto superficie esterna manufatto |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |

| | | | |
|---|---|--|---------|
|  | Tipo: Documentazione di Progetto | | |
| | Titolo: Relazione impatto elettromagnetico | | |
| | Rev. 00 – 12/02/2025 | | Pag. 40 |

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 elettriche e le cabine elettriche 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 agrivoltaico ed il sistema di accumulo ad esso integrato si trovano all'interno di una zona agricola e sia le apparecchiature elettriche che linee elettriche interrate sono state posizionate in modo da limitare l'impatto elettromagnetico su elementi sensibili ai CEM. 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. Dai risultati della simulazione si evince che i valori elevati di campo magnetico sono confinati in prossimità della linea e decresce rapidamente. Si evidenzia inoltre che sia il limite di attenzione di 10 μ T che l'obiettivo di qualità di 3 μ T sono valori intesi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio; ciò significa che i valori precedentemente calcolati in base ai valori nominali sono di gran lunga superiori e cautelativi rispetto a quelli effettivi, in quanto gli impianti fotovoltaici lavorano alla loro potenza nominale solo per brevi periodi della giornata mentre nelle restanti ore lavorano a potenza ridotta o addirittura nulla. **Pertanto, si può concludere che per il parco fotovoltaico e le infrastrutture di rete elettrica in esame non si ravvisano pericoli per la salute pubblica per quanto riguarda i campi elettromagnetici.**

| | | | |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| Comune: | Sala Bolognese, Calderara di Reno, San Giovanni in Persiceto | Provincia: | Bologna |
| Denominazione: Pratello | | | |