

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA – RELAZIONE DPA



PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA.

Committente:

TOZZIgreen

Tozzi Green S.p.A.
Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA)
P.IVA 02132890399
R.E.A. n. RA-174504
Tel. (+39) 0544 525311
pec: tozzi.re@legalmail.it
mail: info@tozzigreen.com
web: www.tozzigreen.com

Progettista:

 **ambiente** s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

Coordinamento di progetto:

 **ambiente** s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

0	30/09/2021	Ing. M. Angeloni	Ing. M. Altemura	Ing. M. Altemura	Prima emissione
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
Codice elaborato: P.2.3		Titolo elaborato: Relazione tecnica specialistica – Relazione DPA			

INDICE

1. PREMESSA	4
2. PREMESSA	5
2.1. DPCM 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"	5
2.2. Legge 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"	5
2.3. Decreto Presidente Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003 (g.u. 29.08.2003) "Limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti"	6
2.4. Decreto Legislativo n.159 del 1° Agosto del 2008	7
2.5. Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 – "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"	7
3. METODOLOGIA	8
3.1. Definizioni	8
3.2. Metodologia di calcolo e misura	8
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	11
4.1. Inquadramento Urbanistico e Catastale	12
5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	14
5.1. Generalità	14
5.2. Configurazione impianto fotovoltaico	14
5.3. Pannelli fotovoltaici	15
5.4. Cabina di trasformazione	15
5.4.1. Dati inverters	16
5.4.2. Trasformatore BT/MT.....	16
5.4.3. Quadro di Media Tensione	16
5.5. Elettrodotto in cavo MT interrato.....	17

5.5.1.	Cavo interrato	17
6.	VALUTAZIONE CAMPO ELETTROMAGNETICO	18
6.1.	Cabina di trasformazione BT/MT (campo fotovoltaico)	18
6.2.	Cavi interrati (collegamento alla CP e-distribuzione e linee campo FTV) ..	18
6.3.	Cavi interrati (linee interne al campo fotovoltaico)	21
6.4.	Cabina di ricezione	22
6.5.	Cabina utente (cabina generale di impianto)	22
7.	CONCLUSIONI	23
	INDICE DELLE FIGURE	24
	INDICE DELLE TABELLE	25

1. PREMESSA

La presente relazione si pone quale obiettivo la valutazione previsionale dei livelli del campo elettrico e dell'induzione magnetica generati dalle linee ed apparecchiature associate alla messa in esercizio di un impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" di potenza pari a 8,982 MWp in Località San Giovanni in Persiceto (BO) da parte di Società Tozzi Green S.p.A., specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili, risulta soggetto.

Le principali sorgenti oggetto di analisi risulteranno essere:

- un cavidotto in MT dalla CP di San Giovanni in Persiceto alla cabina di ricezione;
- una cabina di sezionamento da realizzare circa a metà del percorso dell'cavidotto di cui al punto precedente (secondo specifica tecnica e-distribuzione),
- un cavidotto in MT dalla cabina di ricezione alla cabina esistente di e-distribuzione di via delle Viole in San Matteo della Decima,
- una cabina di ricezione ai margini dell'impianto fotovoltaico (secondo specifica tecnica e-distribuzione).
- una cabina utente in prossimità della cabina di ricezione di e-distribuzione
- due cabine di trasformazione definite A e B asservite all'impianto fotovoltaico
- - Cavidotti interni al campo fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione presso la CP di San Giovanni in Persiceto (BO). L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita agli inverter di stringa, le linee vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà poi la trasformazione BT/MT

Lo studio ha avuto lo scopo di:

- verificare il rispetto della normativa vigente in materia di inquinamento elettromagnetico da parte del nuovo impianto sia per quanto riguarda l'esposizione della popolazione che quella dei lavoratori;
- individuare la distanza di prima approssimazione (Dpa) per ciascuna sorgente la quale il campo magnetico presenta valori inferiori ai 3 μ T.

Le elaborazioni numeriche e la redazione della presente relazione è stata eseguita dall'Ing. Marco Angeloni dal Dott. Andrea Ricci

Conferme del raggiungimento dei risultati potranno essere verificati successivamente da misure strumentali.

2. PREMESSA

2.1. DPCM 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

Il decreto fissa i limiti massimi di esposizione per la popolazione, relativamente all'ambiente esterno ed abitativo, ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza di 50Hz. La normativa contiene tuttavia una grave contraddizione interna tra l'art.4 e l'art.5, laddove stabilisce sia dei limiti ai valori dei campi elettrici e magnetici (rispettivamente 5 kV/m e 100 μ T), sia dei limiti alle distanze di rispetto. Queste due condizioni non sono tuttavia congruenti, poichè le distanze minime imposte sono traducibili in termini di valori di campo magnetico inferiori (dell'ordine di 3 - 4 μ T). Con il successivo D.P.C.M. 28/09/1995 poi sono state emanate le norme tecniche di attuazione del presente decreto che relativamente agli elettrodotti prevede di fare riferimento solamente ai valori di campo e non alle distanze, allineandosi sostanzialmente con le indicazioni di tutti gli Enti internazionali.

2.2. Legge 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"

La legge nazionale quadro sull'elettromagnetismo ha l'innegabile pregio di tentare di porre ordine nella variegata situazione italiana, attraverso le definizioni delle competenze di stato, regioni, province e comuni. Il carattere innovativo della nuova legge sta nel fatto che, accanto al concetto di limite di esposizione inteso come valore che non deve mai essere superato in alcuna condizione di esposizione, vengono introdotti quelli di valore di attenzione e di obiettivo di qualità. Ad essi è attribuito il seguente significato (dalle definizioni riportate nella legge):

- valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- obiettivi di qualità sono: i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'art. 8; 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'art. 4, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La legge, tuttavia, non indica direttamente i valori numerici delle quantità suddette ma stabilisce che essi dovranno essere fissati da appositi decreti.

La legge stabilisce inoltre che, entro 10 anni dalla sua entrata in vigore, la rete elettrica esistente dovrà essere risanata, secondo criteri che verranno anch'essi definiti attraverso un apposito decreto, allo scopo di rispettare i limiti di esposizione e i valori di attenzione, nonché di raggiungere gli obiettivi di qualità stabiliti (...).

Più in dettaglio questa normativa ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione [1];
- promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, comma 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea [2];
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili

In particolare, l'art. 4, Comma 2 afferma che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere a), e) e h), sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge:

- per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentiti il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata «Conferenza unificata»;
- per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, il Comitato di cui all'articolo 6 e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.

2.3. Decreto Presidente Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003 (g.u. 29.08.2003) "Limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti"

Nel presente decreto sono fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti (vedi tabella 1).

	Intensità campo elettrico E (kV/m)	Intensità induzione magnetica B (uT)
Limiti esposizione	5	100
Limiti attenzione	5	10

Tabella 1. Limiti campi bassa frequenza

Nel caso di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere, gli elettrodotti di nuova costruzione l'induzione magnetica deve rispettare il valore di qualità di 3 uTesla

2.4. Decreto Legislativo n.159 del 1° Agosto del 2008

Il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico) al Capo IV del Titolo VIII, che stabilisce prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici, è stato modificato dal Decreto Legislativo n.159 del 1° Agosto del 2008.

Il d.lgs. 159/2016 si inserisce nel contesto del decreto sulla sicurezza nei luoghi di lavoro d.lgs. 9 aprile 2008 n°814 indicando nel primo dei suoi due articoli, le modifiche introdotte al d.lgs. 81/2008, in particolare agli art. 206, 207, 208, 209, 210, 210-bis, 211 e 212. Il d.lgs. 159/2016 riporta in Allegato 1 la descrizione delle grandezze fisiche concernenti l'esposizione ai campi elettromagnetici, la definizione dei valori limite di esposizione (VLE) per gli effetti sensoriali e sanitari relativi ai campi elettrici interni, dei valori di azione (VA) espressi nelle grandezze misurabili per consentire la conformità ai pertinenti VLE. Sia per i VLE che per i VA sono riportate le relative Tabelle con i limiti da rispettare per la valutazione dei rischi.

2.5. Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 – "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Il provvedimento, in riferimento alla legge quadro n. 36/2001 e al DPCM 8 luglio 2003 (protezione dalla esposizione ai campi elettromagnetici) ha lo scopo di fornire il metodo per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate.

La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate.

3. METODOLOGIA

3.1. Definizioni

- 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 un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma I lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.
- Distanza di prima approssimazione (DPA): per le linee 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 della DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).
- Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

3.2. Metodologia di calcolo e misura

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz. In particolare viene fissato il valore di attenzione di induzione magnetica pari a 10 μ T (microtesla) ovvero il valore di

induzione magnetica pari a 3 uT che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

Per una migliore composizione della metodologia di calcolo è importante riassumere i seguenti concetti:

- la determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (CEM), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no.
 - l'intensità del CEM dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.
 - in genere i limiti di esposizione sono diversi per il pubblico generico e per i lavoratori.
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

L'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche aeree percorse da corrente è stato determinato dai seguenti fattori:

- la corrente circolante nei conduttori
- la disposizione delle fasi.

Per lo svolgimento del presente studio si è effettuato un sopralluogo per determinare l'inquadramento territoriale ed acquisire una conoscenza dei luoghi allo stato attuale. Nel contempo si sono ottenute informazioni per determinare l'inquadramento elettromagnetico dell'area nel contesto della normativa vigente.

In riferimento alla previsione dei livelli di campo elettromagnetici nell'area e presso i ricettori più esposti, a seguito della messa in opera delle nuove apparecchiature nell'area sede dell'intervento, sono stati acquisiti i dati relativi:

- alle nuove sorgenti elettromagnetiche da installare;
- alla posizione delle stesse all'interno dell'area di progetto;
- alle caratteristiche fisiche delle linee;
- ai dati di targa delle appare;

Lo studio è stato effettuato tenendo conto di quanto indicato nella normativa cogente relativamente al calcolo ed alla valutazione dei campi elettromagnetici, indicando per ciascun risultato ottenuto i metodi e le formule adottate nel computo.

In particolare i calcoli sono stati eseguiti seguendo quanto contenuto nel:

- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 e allegato - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (G.U. 5 luglio 2008 n. 156, S.O. n. 160);
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" Prima edizione, 2006;

- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche” Seconda edizione 2008;

utilizzando contestualmente le:

- 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” redatte da Enel Distribuzione S.p.A., a cura della funzione Qualità, Sicurezza ed Ambiente (QSA).

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Il sito oggetto del progetto HUB di Ricerca H2 è posto nella frazione di San Matteo della Decima del Comune di S. Giovanni in Persiceto ed ha la peculiarità, dal punto di vista geografico, di essere equidistante dalle Città di Bologna e Modena.

L'area in esame si trova nella parte Nord del Comune di San Giovanni in Persiceto, in prossimità del confine amministrativo con l'adiacente provincia di Modena, circa 1,5 km a Nord dello stesso centro abitato, in un contesto prevalentemente agricolo, scarsamente antropizzato e popolato

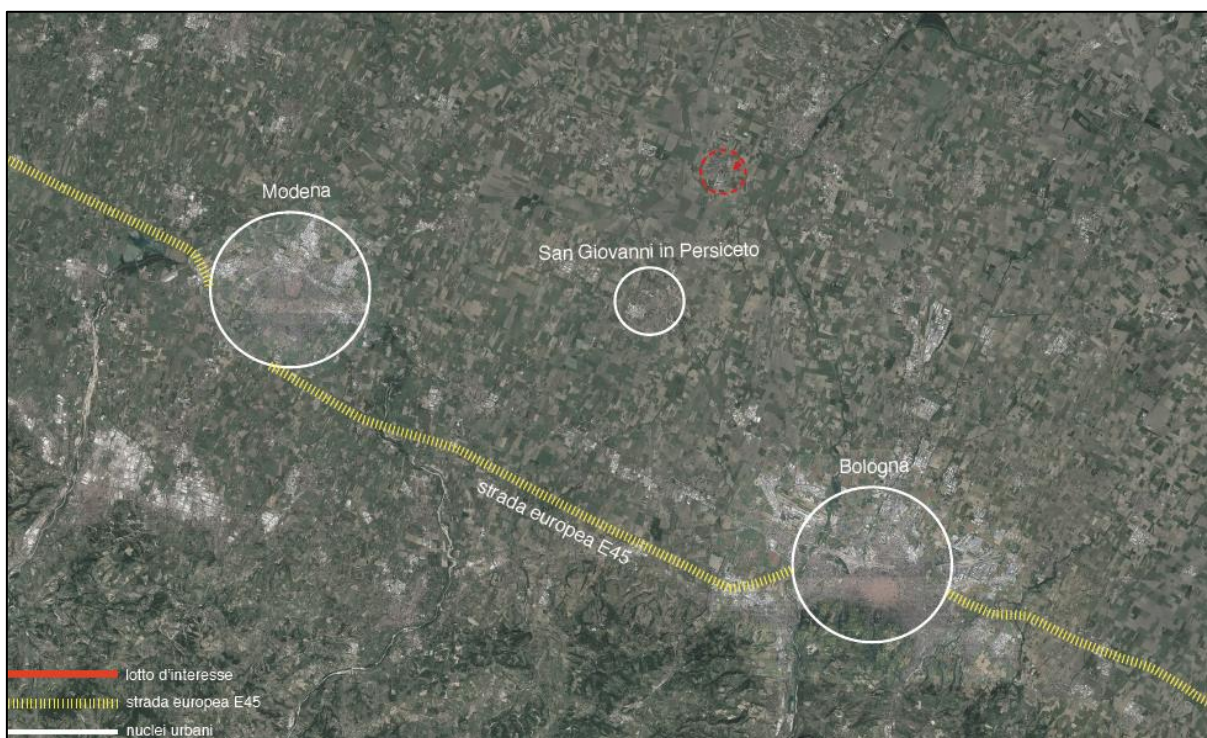


Figura 1. Inquadramento generale dell'area (Google earth)

Geograficamente oltre che per la posizione rispetto alla Città Metropolitana di Bologna e rispetto alla Provincia di Modena è di particolare interesse anche la vicinanza con una decina di comunità più piccole quali Cento, San Pietro in Casale, San Giorgio di Piano, Castel Maggiore, Anzola Dell'Emilia, Spilamberto, Castel Franco Emilia, Nonantola e Crevalcore.



Figura 2. Ubicazione del sito produttivo (fonte: Google Earth)

In area contigua al sito, sorgono prevalentemente aree ad uso agricolo.

I Centri abitati più prossimi al sito sono rappresentati dalla Frazione di San Matteo della Decima situata a meno di 1 km in direzione sud-ovest e il paese di Cento distante circa 4 km in direzione nord-est. Sono inoltre da segnalare case sparse nei dintorni del sito, soprattutto nell'area nord-ovest, e il confine settentrionale delimitato dal canale Cento.

4.1. Inquadramento Urbanistico e Catastale

L'impianto fotovoltaico verrà installato sui terreni nella disponibilità del Proponente. L'impianto si svilupperà su due lotti di terreno separati. Il lotto NORD è catastalmente individuato dalle particelle 1, 19, 20, 253 del Foglio 21 e dalle particelle 1, 5, 11, 14, 15, 143, 147, 150, 152 del Foglio 22 del Comune di San Giovanni in Persiceto (BO) mentre il lotto SUD è catastalmente individuato dalle particelle 411, 414 del Foglio 21 del Comune di San Giovanni in Persiceto (BO). Di seguito viene indicato un estratto della Mappa Catastale, disponibile nell'elaborato TAV. 2.0 – Planimetria catastale. In rosso è evidenziata l'area oggetto di intervento.

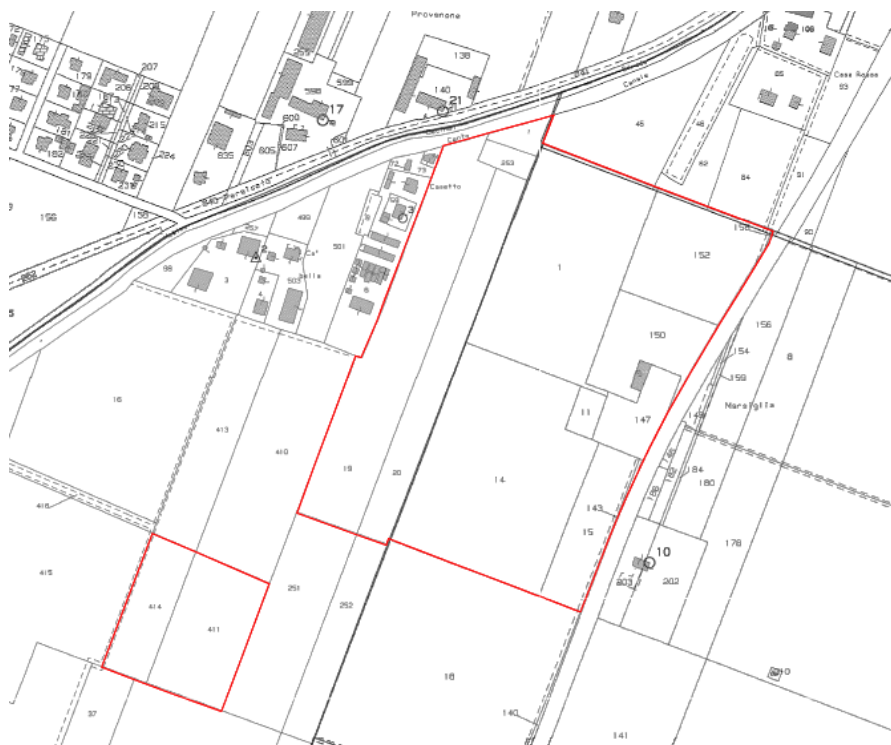


Figura 3. Estratto di Mappa Catastale disponibile in Tavola 2.0.

5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

5.1. Generalità

Il progetto HUB di Ricerca H2 comprende la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" di potenza elettrica pari a 8,982 MWp quale risultante dalla somma delle potenze elettriche di n. 2 sottocampi di potenza di 3,006 MWp e 5,976 MWp.

Il campo fotovoltaico è costituito da n. 14.970 moduli monocristallini di potenza unitaria pari a 600 W. L'energia prodotta dal campo fotovoltaico in corrente continua verrà convogliata e trasformata tramite n.33 inverter di campo. Gli inverter verranno poi convogliati su n.2 cabine di trasformazione (sottocampi) per l'innalzamento della tensione da 800V alla tensione di rete pari a 15 kV.

Il progetto del sistema elettrico a 15 kV è stato elaborato con l'intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di ridurre, nel contempo, le perdite dell'impianto entro valori accettabili

Come si evince dalle tavole allegate (layout generale impianto) la cabina di ricezione dell'ente distributore (e-distribuzione) sarà costruita all'interno dei terreni di proprietà e si garantirà il libero accesso al distributore a tale manufatto.

Le opere di utente per la connessione sono costituite da:

- due cabine BT/MT (A e B) di trasformazione all'interno del campo fotovoltaico;
- un cavidotto MT di distribuzione interno al campo fotovoltaico
- una cabina MT di ricezione in prossimità dell'impianto fotovoltaico (cabina e distribuzione);
- una cabina utente: cabina generale di impianto con inclusa la trasformazione a servizio dell'HUB di ricerca, generatore H₂ e distributore H₂
- un cavidotto in MT dalla CP di San Giovanni in Persiceto alla cabina di ricezione,
- Un cavidotto verso la cabina esistente di e-distribuzione (via delle Viole)
- una cabina di sezionamento da realizzare circa a metà del percorso dell'cavidotto di cui al punto precedente (secondo specifica tecnica e-distribuzione).

5.2. Configurazione impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione presso la CP di San Giovanni in Persiceto (BO). L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita agli inverter di stringa, le linee vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà poi la trasformazione BT/MT.

La linea in MT in uscita dai trasformatori BT/MT di ciascuna cabina verrà, quindi, vettoriata verso la cabina generale di impianto (affiancata alla cabina di ricezione dell'ente distributore), dove avverranno le misure e la partenza verso il punto di consegna nella rete di distribuzione, presso la nuova cabina di ricezione.

L'impianto fotovoltaico in oggetto avrà una potenza nominale pari a 8,982 MWp, quale risultante dalla somma delle potenze elettriche di n.2 sottocampi di potenza pari a 3,006 MWp e 5,976 MWp, pari al prodotto tra il numero totale dei moduli da utilizzare e la potenza nominale del singolo modulo: $14.970 \text{ moduli} \times 600 \text{ W/modulo} = 8,982 \text{ MWp}$.

I moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche infisse nel terreno tramite la tecnica del battipalo. Tali strutture saranno collegate all'impianto generale di messa a terra dell'impianto.

L'impianto sarà costituito da n.499 stringhe ciascuna formata da n.30 pannelli collegati in serie.

Il sezionamento e la protezione delle stringhe saranno realizzati mediante quadri elettrici di campo opportunamente accessoriati.

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n. 33 inverter di potenza massima pari a 250 kVA. A ciascun inverter afferisce una quota-parte del generatore fotovoltaico (circa 15 stringhe).

Gli inverter sono raggruppati assieme tramite due cabine di trasformazione (cabina A e B) opportunamente dislocate all'interno dell'area di proprietà del committente. Ogni cabina ospiterà il quadro di Bassa Tensione di parallelo e misura dell'energia elettrica di ogni sottocampo, il trasformatore innalzatore 0,8/15 kV, il quadro MT di distribuzione.

Le "cabine di trasformazione" saranno in muratura e dotate di adeguato impianto di terra. Le cabine sono dislocate all'interno del campo fotovoltaico in maniera da ottimizzare le perdite elettriche sui vari elementi costituenti l'impianto di generazione e trasformazione.

5.3. Pannelli fotovoltaici

I moduli previsti dal presente progetto sono tutti della medesima tipologia e taglia. Si tratta dei moduli in silicio monocristallino la cui potenza di picco è pari a 600 Wp. Il numero di moduli che compongono una stringa è pari a 30, per cui la tensione della stringa risulta essere variabile dai 1329 V alla temperatura di 0°C fino ai 1141 V alla temperatura di 60°C (temperature limite di progetto).

I moduli previsti in progetto sono del tipo "monofacciali", con vetro da 2,0 mm.

Coerentemente con la definizione delle stringhe, le strutture di supporto sono state progettate in modo tale da garantire l'installazione dei moduli appartenenti ad una stringa tutti sulla stessa struttura, al fine di facilitare le operazioni di installazione e di manutenzione ordinaria

5.4. Cabina di trasformazione

Gli inverter saranno installati in campo nelle vicinanze delle relative stringhe di pannelli. L'inverter ha la funzione di trasformare l'energia prodotta in corrente continua dai pannelli, in energia in corrente alternata.

L'energia prodotta dagli **inverters** in corrente alternata sarà "trasportata" tramite appositi cavi in cabina di trasformazione.

I cavi provenienti dagli inverter saranno collegati al **quadro generale di Bassa Tensione** di cabina. Il quadro di bassa tensione a sua volta alimenta il **trasformatore** innalzatore che ha la funzione di adeguare la tensione al livello della rete di distribuzione in Media Tensione (15kV - MT).

Il trasformatore elevatore sarà a sua volta connesso ad un **quadro di Media Tensione** che svolge la funzione di protezione ed interfacciamento verso la cabina di consegna dell'ente distributore.

Le cabine saranno realizzate in muratura e saranno dotate di locali separati per le apparecchiature di Media Tensione, Bassa Tensione e Controllo.

Tutte le apparecchiature saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale.

Le cabine saranno equipaggiate del relativo impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento delle apparecchiature. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza e il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quegli accorgimenti atti a garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale che sia l'ambiente di installazione. Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le cabine saranno dotate di adeguato sistema di raffreddamento quale aria condizionata per i locali MT, BT e controllo e ventilazione per i locali trasformatori

5.4.1. Dati inverter

In progetto sono previste n.3 inverter con potenza nominale di 250kVA/cad.

Max output AC current : 180,5 A
AC Cable : Four Core cable
 Outer diameter 38/56 mm
 Conductor cross section 70/240 mm²

5.4.2. Trasformatore BT/MT

Nelle cabine di trasformazione dell'impianto fotovoltaico saranno installati trasformatori 15/0,8kV con potenza nominale pari a 3150kVA (n°1 in cabina A e n°2 in cabina B)

5.4.3. Quadro di Media Tensione

All'interno della cabina di trasformazione verrà posizionato un quadro di media tensione. Il quadro avrà tensione nominale di 24kV, corrente nominale di 630A e corrente di corto circuito di 20kA/1s

5.5. Elettrodotto in cavo MT interrato

L'impianto di produzione sarà collegato alla nuova cabina di ricezione da realizzare presso l'impianto stesso. Tale cabina è poi collegata alla rete di distribuzione (cabina esistente di via delle Viole) ed alla CP di San Giovanni in Persiceto. Sarà necessario per cui realizzare un cavidotto per effettuare tali collegamenti. In particolare, il cavidotto interrato in MT a 15 kV avrà una lunghezza pari a circa 9000 metri (collegamento alla CP) e 850m (collegamento alla cabina di via delle Viole).

Tale percorso viene individuato nella planimetria di dettaglio "Corografia cavidotto e tipici sezioni" dove vengono inoltre evidenziate le varie modalità di posa del cavidotto.

La soluzione tecnica di e-distributore prevede un primo collegamento alla CP (Cabina Primaria) di San Giovanni in Persiceto passando attraverso la strada SS255 per poi spostarsi su via Samoggi Vecchia. Si passa poi lungo via Levratica e via Tassinara. Infine, si accede alla CP attraverso via Puglia.

E' previsto anche un secondo collegamento via cavo alla cabina MT di via delle Viole di San Matteo della Decima passando attraverso via Cento e via delle Viole.

La terna di cavi costituente il cavidotto sarà posata all'interno di una tubazione a doppia parete con resistenza di 450N/m. Tale tubazione sarà posata su un letto di sabbia e di seguito ricoperta con altra sabbia.

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di circa 1,2m e quindi superiore ad 1,0 m dal piano campagna come richiesto dall'attuale normativa. Il cavidotto sarà segnalato apponendo nello scavo, durante il rinterro, apposito nastro monitore riportante l'indicazione "pericolo cavo in tensione".

Inoltre, sono presenti cavidotti interrati all'interno del campo fotovoltaico per il trasporto dell'energia elettrica dalle cabine di trasformazione alla cabina di ricezione di e-distribuzione.

I cavi saranno direttamente interrati nel terreno ad una profondità compresa tra 1 e 1,2m.

5.5.1. Cavo interrato

Il cavo utilizzato sarà tipo ARP1H5E o ARE4H5E o similare adatta per la posa interrata. Il cavo ha conduttore e schermo in alluminio mentre l'isolamento è in elastomero o XLPE con guaina esterna in PE. La potenza massima di impianto è pari a 8750 kW a cui corrisponde un corrente massima di impianto è $I_b = 337 \text{ A} @ \cos\phi$ (con $\cos\phi = 1$) e la portata del cavo interrato in condizioni nominali pari a $I_n = 447 \text{ A}$. Si considera un cavo con sezione pari a 240 mm² si ottiene una portata del cavo pari a 359 A (superiore alla corrente massima di impianto).

Per i cavidotti interni al parco fotovoltaico saranno utilizzati cavi con sezione di 300 e 400 mm², con portata rispettivamente pari a 390 A e 446 A.

6. VALUTAZIONE CAMPO ELETTROMAGNETICO

6.1. Cabina di trasformazione BT/MT (campo fotovoltaico)

Al punto 5.2.1. (CABINE ELETTRICHE) del DM 29/05/08 viene presentato un metodo per l'individuazione di massima delle DPA per cabine realizzate secondo gli standard di riferimento nazionale realizzate principalmente in box per la distribuzione MT primaria. Viene specificato che per tipologie differenti di costruzioni elettriche, si dovrà valutare se tale metodologia è applicabile o meno altrimenti dovranno essere calcolate le fasce di rispetto con metodi di calcolo tridimensionali opportuni.

All'interno della cabina di trasformazione in oggetto è presente il trasformatore principale, apparecchiatura con le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale:	3150 kVA
Tensione nominale:	15/0,80 kV
Raffreddamento:	ONAF/ONAN

Nel caso specifico si deve stimare la DPA per un solo trasformatore di potenza superiore a 630 kVA: si propone di utilizzare la formula riportata di seguito ipotizzando che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina, la formula non è altro che una derivazione della legge di Biot e Savart.

$$B = (0,35 \cdot I \cdot D) / R^2$$

I = corrente circolante nei cavi in ampere (A)

D = distanza tra i conduttori in metri (m)

R = distanza dai cavi.

Come valore di corrente (I) occorre inserire la massima corrente circolante sul lato bassa tensione del trasformatore. La corrente si può essere calcolata con la formula seguente, di derivazione CEI per conduttori in rame, in funzione della potenza del trasformatore (P in kVA):

$$I = P / (V \cdot \text{RADQ}(3))$$

da cui I = 2273 A. La distanza d in metri (diametro conduttori) può essere stimata se non conosciuta considerando la massima corrente circolante in un cavo in funzione della sezione fissata pari a 1,3 A/mm²:

$$d = 0,0021 \cdot \text{RADQ}(I/4)$$

da cui d = 50 mm ed una DPA = 3,64 m

6.2. Cavi interrati (collegamento alla CP e-distribuzione e linee campo FTV)

La linea di collegamento tra trasformatore AT ed il generatore è costituita da cavi unipolari tipo ARP1H5E o ARE4H5E aventi le seguenti caratteristiche:

lunghezza:	9000 m
sezione:	240 mm ²
portata corrente cavo interrato:	359 A

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore, pertanto per il calcolo del valore del campo magnetico si è preso in considerazione la linea elettrica interrata destinata al trasporto dell'energia elettrica prodotta considerando che il cavidotto raccolga tutta l'energia elettrica prodotta dall'impianto (caso peggiore dal punto di vista dell'induzione di campi elettromagnetici).

La situazione in esame è rappresentata da terne di cavi posati in piano lungo direttrici parallele:

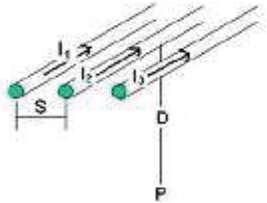
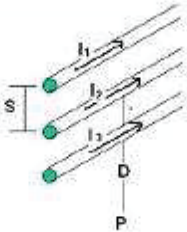
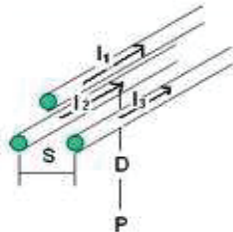
a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$

Figura 4. Esempio disposizione cavi

La formula della distanza dal baricentro della configurazione di terne di conduttori è la seguente dove:

$$B = 0,1 \cdot \text{RADQ}(6) \cdot (D \cdot I) / R^2$$

D = rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori

R = è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B.

Tale situazione in esame è rappresentata da terne di cavi posati in piano lungo direttrici parallele. Al variare di R è possibile calcolare la distribuzione dell'induzione magnetica a quota = 0 (piano di campagna).

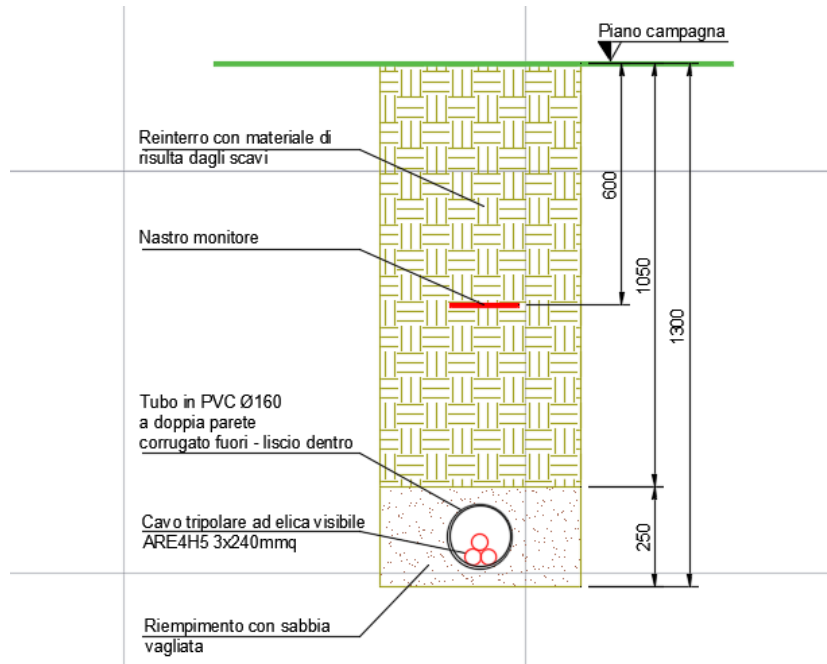


Figura 5. Dimensioni R ed S nello schema di progetto di posa dei cavi

Nel grafico successivo si mostra la distribuzione dell'induzione magnetica B alla quota 0 del piano di campagna avendo assunto il baricentro della configurazione geometrica di posa pari a -1,2 m.

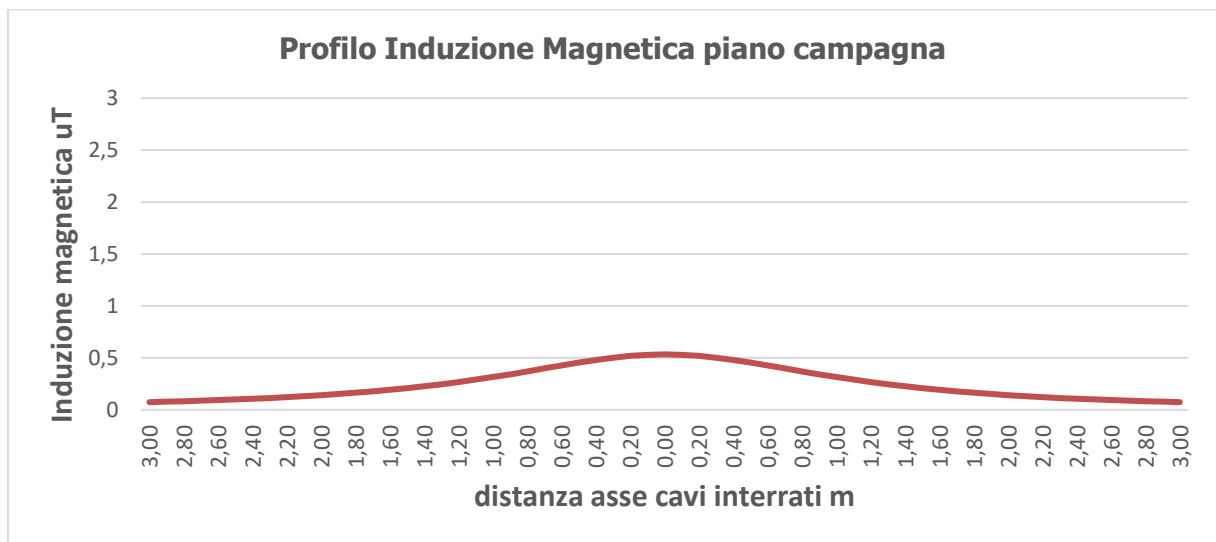


Figura 6. Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata di collegamento alla CP e-distribuzione e linee campo FTV

La curva isolivello dell'induzione magnetica pari a 3 uT è interamente contenuta sotto il piano di campagna (sull'asse del cavidotto al livello del piano di campagna si ottiene $B = 0,53 \text{ uT}$).

6.3. Cavi interrati (linee interne al campo fotovoltaico)

Per linee interne al campo fotovoltaico sono impiegati cavi MT con sezione di 300 mm² e 400 mm² aventi rispettivamente portate pari a 390 A e 446 A, da cui applicando le relazioni di cui al punto precedente si ottiene:

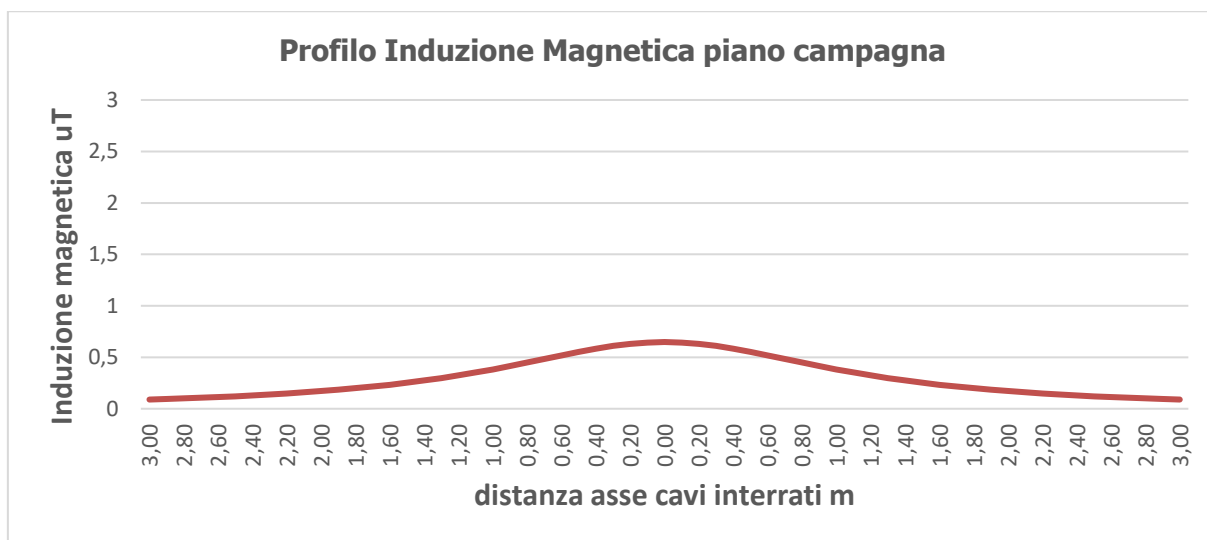


Figura 7. Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata interna al campo fotovoltaico (cavo 300 mm²)

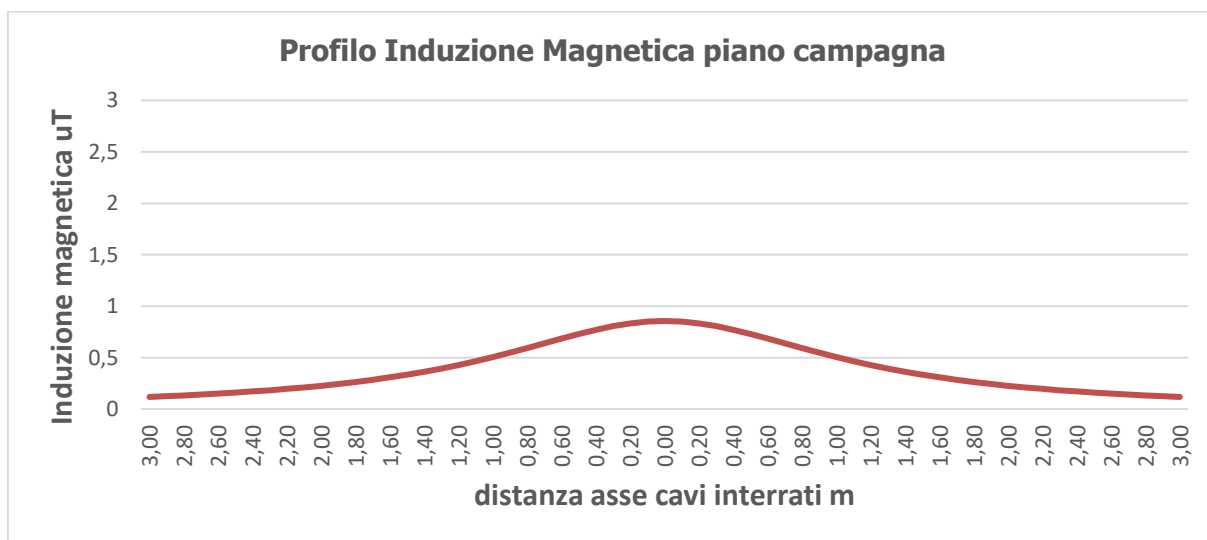


Figura 8. Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata interna al campo fotovoltaico (cavo 400 mm²)

da cui per entrambe le linee una curva isolivello dell'induzione magnetica pari a 3 uT è interamente contenuta sotto il piano di campagna (sull'asse del cavidotto al livello del piano di campagna si ottiene $B = 0,64 \text{ uT}$ per il cavo da 300 mm² e $B = 0,85 \text{ uT}$ per il cavo da 400 mm²).

6.4. Cabina di ricezione

La cabina di ricezione ai margini dell'impianto fotovoltaico realizzata secondo specifica tecnica DG2092 di e-distribuzione ha una DPA pari a (vedere paragrafo 4.2 delle Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 di e-distribuzione):

$$DPA = 0,40942 \cdot D^{0,5241} \cdot RADQ \cdot I$$

DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) dove:

D = rappresenta il diametro reale (conduttore + isolante) del cavo

I = corrente nominale che percorre il trifase

Avendo indicato nella relazione relativa all'impianto generale l'utilizzo di un cavo in alluminio ed e sezione pari a 300 mm² con I (corrente nominale) pari a 447 A si ottiene una DPA di 1,86 m.

Risultato coerente con quanto riportato nelle linee guide di e-distribuzione (Linee_guida_DPA e-distribuzione) dove la DPA per tale tipologia di cabina è indicato essere pari a 2m. A livello cautelativo verrà utilizzato quest'ultimo valore come riferimento per la DPA.

6.5. Cabina utente (cabina generale di impianto)

La cabina utente (cabina generale di impianto) contiene un trasformatore:

Potenza nominale: 800 kVA

Tensione nominale: 15/0,40 kV

Raffreddamento: ONAF/ONAN

con corrente nominale pari a 1156 A. Applicando le formule e le considerazioni effettuate per la cabina di trasformazione BT/MT (campo fotovoltaico) si ottiene una DPA = 2,19 m

7. CONCLUSIONI

La società committente, Tozzi Green S.p.A., specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili ha in progetto la realizzazione, in Località San Giovanni in Persiceto (BO), di un impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" di potenza pari a 8,982 MWp

Le principali sorgenti elettromagnetiche presenti nel progetto di Società Tozzi Green S.p.A. asservite all'impianto fotovoltaico di prossima realizzazione risultano essere:

Le principali sorgenti oggetto di analisi risulteranno essere:

- due cabine BT/MT (A e B) di trasformazione all'interno del campo fotovoltaico;
- un cavidotto MT di distribuzione interno al campo fotovoltaico
- una cabina MT di ricezione in prossimità dell'impianto fotovoltaico (cabina e distribuzione);
- una cabina utente: cabina generale di impianto con inclusa la trasformazione a servizio dell'HUB di ricerca, generatore H₂ e distributore H₂
- un cavidotto in MT dalla CP di San Giovanni in Persiceto alla cabina di ricezione,
- Un cavidotto verso la cabina esistente di e-distribuzione (via delle Viole)
- una cabina di sezionamento da realizzare circa a metà del percorso dell'cavidotto di cui al punto precedente (secondo specifica tecnica e-distribuzione).

Dalle indicazioni acquisite dalle 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" redatte da Enel Distribuzione S.p.A., a cura della funzione Qualità, Sicurezza ed Ambiente (QSA) sono state indicate le Distanze di Prima Approssimazione per la stazione MT/BT e per il cavo interrato di collegamento tra la cabina di ricezione ed i punti di consegna.

Dalle valutazioni effettuate risulta che:

- la DPA delle cabine A e B di trasformazione BT/MT risulta, nelle condizioni di calcolo conservative ipotizzate nella valutazione, pari a 3,64 m (distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa);
- la DPA della cabina di ricezione, realizzata secondo specifica tecnica DG2061 di e-distribuzione, risulta pari a 1,86 m (distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa), cautelativamente per essa si assume la distanza di 2,00 m come riportato linee guide di e-distribuzione per questa tipologia di cabine;
- la DPA della cabina utente (cabina generale di impianto), risulta pari a 2,19 m (distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa);
- le DPA dei cavidotti relativi alle linee interne al campo fotovoltaico di sezione 300 mm² e 400 mm² sono interamente contenute sotto il piano di campagna (sull'asse del cavidotto al livello del piano di campagna si ottiene rispettivamente B = 0,64 uT e B = 0,85).
- la DPA del cavidotto di collegamento alla CP e-distribuzione e linee campo FTV è interamente contenuta sotto il piano di campagna (sull'asse del cavidotto al livello del piano di campagna si ottiene B = 0,53 uT).

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Inquadramento generale dell'area (google earth)	11
Figura 2.	Ubicazione del sito produttivo (fonte: google earth).....	12
Figura 3.	Estratto di mappa catastale disponibile in tavola 2.0.	13
Figura 4.	Esempio disposizione cavi	19
Figura 5.	Dimensioni r ed s nello schema di progetto di posa dei cavi	20
Figura 6.	Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata di collegamento alla cp e-distribuzione e linee campo ftv	20
Figura 7.	Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata interna al campo fotovoltaico (cavo 300 mm ²)	21
Figura 8.	Distribuzione dell'induzione magnetica alla quota del piano di campagna della linea interrata interna al campo fotovoltaico (cavo 400 mm ²)	21

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Limiti campi bassa frequenza	7
-------------------	------------------------------------	---