

**REGIONE VENETO
PROVINCIA DI VENEZIA
COMUNE DI VIGASIO**

Impianto fotovoltaico ad inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica, con sistema di accumulo (energy storage system), sito nel Comune di Vigasio (VR) in località Via delle Robinie ex lottizzazione Green Village, avente potenza nominale di 22040 kW e potenza richiesta in immissione di 17970 kW alla tensione rete 20 kV, comprensivo delle opere di rete per la connessione ricadenti nel medesimo Comune di Vigasio (VR)

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

**ELABORATO COMPATIBILITA'
ELETTROMAGNETICA**

DATA: Luglio 2021

SCALA : --

PROPONENTE NextPower Development Italia S.r.l.
Via San Marco n° 21, 20121 Milano (MI)
Partita IVA 11091860962
PEC: npditalia@legalmail.it

NextPower Development Italia S.r.l.
Via San Marco, 21
20121 Milano
P. IVA - C. F. 11091860962

ELABORATO DA:

Entrope Srl

Dott. Sc. Amb. Enrico Forcucci

Via per Vittorito Zona PIP

65026 Popoli (PE)

Tel/Fax 085986763

PIVA 01819520683



Arch. Pasqualino Grifone
Villaggio UNRRA 44
66023 - Francavilla al Mare



revisione	descrizione	REL 03
A		
B		
C		

INDICE

1	OGGETTO	2
2	GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	3
3	NORMATIVA VIGENTE	4
3.1	Legislazione italiana	4
3.2	Normativa italiana CEI	6
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
4.1	Inquadramento dell'area	7
4.2	Descrizione dell'opera	8
4.3	Profili di potenza degli impianti fotovoltaici	9
4.4	Caratteristiche della rete elettrica	9
5	VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	10
5.1	Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione	10
5.2	Criteri di valutazione	10
5.3	Elettrodotti a MT interrati	12
5.4	Cabine elettriche	15
5.5	Considerazioni	17
6	CONCLUSIONI	17

1 OGGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico del tipo ad inseguitori monoassiali per la produzione di energia elettrica, con sistema di accumulo (energy storage system), sito nel Comune di Vigasio (VR) in località Via delle Robinie ex lottizzazione Green Village.

L'impianto di produzione avrà potenza nominale di 22040 kW, pari alla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici installati, ed una potenza richiesta in immissione di 17970 kW alla tensione rete di 20 kV, comprensivo delle opere di rete per la connessione ricadenti nel medesimo comune di Vigasio (VR).

Il terreno dove sorgerà l'impianto fotovoltaico è relativo ai terreni di completamento della lottizzazione Green Village. Consolidato, in tutti gli aspetti approvativi, il P.U.A. dell'area è stato attuato in minima parte ed i tempi per il completamento richiedono una revisione amministrativa che il Piano degli Interventi verificherà in un quadro previsionale di breve termine (*Rif. Relazione tecnica del PAT Comune di Vigasio*).

Il terreno è nella disponibilità del produttore che presenta istanza di autorizzazione alla costruzione ed esercizio dell'impianto di produzione in virtù di contratto preliminare di compravendita.

L'area ha una estensione di circa 31 ha ed ha destinazione urbanistica secondo il Piano di Assetto del Territorio (PAT) "Area di urbanizzazione consolidata" e secondo il Piano degli Interventi (PI) "Zona Residenziale Sperimentale".

L'impianto è configurato con un sistema ad inseguitore solare monoassiale di tilt. L'inseguitore solare orienta i pannelli fotovoltaici posizionandoli sempre nella direzione migliore per assorbire più radiazione luminosa possibile. Prevede l'installazione di 38000 pannelli fotovoltaici da 580 W per una potenza di 22040 kWp, raggruppati in stringhe e collegate a nove distinti inverter.

Per l'impianto saranno realizzate nove cabine elettriche per la conversione DC/AC e per l'elevazione della potenza a media tensione 20 kV, nove cabine storage, nove cabine ad uso promiscuo e locale tecnico, tre cabine ad uso locale O&M (gestione e manutenzione) a servizio dell'intero impianto, una cabina utente e una cabina di consegna.

In un'ottica di efficientamento degli impianti e degli investimenti, il progetto prevede la realizzazione di un sistema di accumulo agli ioni di litio di circa 9 MW di potenza e con una capacità di circa 36 MWh. Il sistema di accumulo, alloggiato in nove cabine del tipo container standard ISO 20', sarà alimentato sia dall'impianto di produzione che dalla rete di e- distribuzione.

L'impianto sarà idoneamente dotato dei dovuti sistemi di allarme e videosorveglianza. Saranno realizzati una rete di cavidotti interrati, interni al campo fotovoltaico, per la distribuzione della corrente continua e per la distribuzione della corrente alternata in bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed in media tensione fino alle cabine utente e di consegna. È prevista la costituzione di un'ampia fascia arborea-arbustiva perimetrale con la finalità di mitigazione e schermatura paesaggistica.

Una parte dell'impianto ricade all'interno del vincolo paesaggistico Aree di rispetto di 150 metri dai corsi d'acqua pertanto dovrà essere richiesta autorizzazione paesaggistica per la costruzione e l'esercizio dell'opera.

Per le opere di rete per la connessione alla rete elettrica di E-Distribuzione spa, è prevista la realizzazione di una nuova cabina di consegna NEXTPOWER D250-2-704947, collegata in antenna con nuova linea media tensione 20 kV in cavo interrato Al 185 mmq alla CP di Vigasio per quanto riguarda i lotti 2 e 3 dell'impianto; e per quanto riguarda il lotto 1 collegata in entra-esce sulla linea 20KV Zambonina da C.P. Vigasio tr. Cab. Green Village - Cab. Gazzani con nuova linea media tensione 20 kV in cavo interrato Al 185 mmq.

Lo scopo del presente documento è descrivere le emissioni di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici generati durante l'esercizio dell'impianto fotovoltaico e definire la compatibilità dell'impianto con i limiti normativi di esposizione e tutela della popolazione nonché permettere la verifica di compatibilità ed interferenza dell'impianto con eventuali impianti elettrici ed elettronici presenti in zona.

Nel § 2. si riportano alcune generalità sulle emissioni elettromagnetiche degli impianti elettrici, nel § 3. si illustrano i riferimenti legislativi e normativi in materia di emissioni elettromagnetiche e nel § 4. si riporta l'inquadramento dell'opera rispetto alle aree circostanti con particolare riferimento alle loro destinazioni d'uso e la descrizione dell'opera da realizzarsi così come risultante dagli elaborati progettuali forniti dal Committente. Il § 5. contiene la valutazione preventiva dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici per le aree limitrofe interessate dal progetto e la relativa verifica di conformità dell'opera alla legislazione vigente in materia di esposizione della popolazione.

Il § 6. contiene le conclusioni finali sulla base delle risultanze espresse nei paragrafi precedenti.

2 GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono di onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda. I campi ELF (Extremely Low Frequency) sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V). A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente.

Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (uT). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 20.000 V, correnti continue o alternate a frequenza di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

3 NORMATIVA VIGENTE

3.1 Legislazione italiana

A livello nazionale, il riferimento normativo per la sicurezza nei luoghi di lavoro è il decreto legislativo 9 aprile 2008 n.81 "Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro".

Le disposizioni specifiche in materia di protezione dei lavoratori dalle esposizioni ai campi elettromagnetici sono contenute nel Capo IV del Titolo VIII - Agenti fisici così come modificato dal Decreto Legislativo 1 AGOSTO 2016 N.159 (GU N. 192 del 18-8- 2016) che ha recepito in Italia la DIRETTIVA 2013/35/UE. Ai fini di agevolare la valutazione del rischio CEM è disponibile il documento redatto dal Coordinamento Tecnico Regioni in collaborazione con INAIL e ISS "Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo IV e s.m.i. sulla prevenzione e protezione dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici: Indicazioni operative " (approvato dal Gruppo di Lavoro Agenti Fisici il 18/03/2019 e dall'Area Prevenzione e Sanità Pubblica della Commissione Salute il 20/06/2019) .

Tale documento sostituisce integralmente il capitolo dedicato al Titolo VIII Capo IV, contenuto nelle Indicazioni Operative approvate dal Coordinamento Tecnico Interregionale per la Prevenzione e Sicurezza nei luoghi di Lavoro nel 2014.

Di fondamentale importanza risultano le seguenti definizioni:

- elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- limite di esposizione, è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- 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 e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- 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;
 - i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni, ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il DPCM 8 luglio 2003 attua quanto previsto dalla legge quadro riguardo alla "fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti". Agli articoli 3 e 4 esso stabilisce i seguenti limiti:

- limite di esposizione: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico.
- Valore di attenzione: nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei

luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, 10 μT per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto;

- Obiettivo di qualità: 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 non inferiori a quattro ore ... (omissis)...., ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2).

Normativa	Limiti previsti	Campo magnetico [μT]	Campo elettrico [kV/m]
DPCM 08/07/2003	Limite di esposizione	100	5
	Valori di attenzione (24 ore di esposizione)	10	-
	Obiettivo di qualità	3	-

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotti" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

In particolare, andrà rispettato, se applicabile nei confronti della popolazione, per la sezione in corrente continua il limite di riferimento per induzione magnetica di 40.000 μT .

Intervallo di frequenza [Hz]	Campo elettrico E [V/m]	Campo magnetico B [μT]
0 - 1	-	40.000
1 - 8	10.000	40.000/f
8 - 25	10.000	5.000/f
25 - 800	250/f	5.000/f (100 μT a 50 Hz)
800 - 3000	250/f	6,25

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA).

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μT del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;

- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- **linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);**

In questi casi le fasce hanno infatti ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91.

Dall'allegato al Decreto si ricavano in particolare le seguenti 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 1 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 di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

3.2 Normativa italiana CEI

La costruzione ed esercizio della centrale elettrica, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna e dell'Enel Distribuzione S.p.a.

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 v Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche', dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo.

In particolare tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore:

- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante disposti a fascio di 3 per fase; si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori

- un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida 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 " costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di $3 \mu T$, si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 Inquadramento dell'area

L'area d'impianto è situata a circa 600 metri est dai confini del centro urbano di Vigasio e si presenta utilizzata ai fini agricoli per la produzione principale di foraggiere in aree irrigue.

Si ribadisce che il sito dove sorgerà l'impianto fotovoltaico è relativo ai terreni di completamento della lottizzazione Green Village, consolidata in tutti gli aspetti approvativi ma attuato in minima parte.

L'area confina a sud e a est con terreni agricoli di altre proprietà; a ovest con i corsi d'acqua Graicelle Lago Di Vaccaldo e Grimanelle e Graicella Grimani che generano il vincolo paesaggistico relativo alla fascia di rispetto di 150 m da fiumi, torrenti e corsi d'acqua di cui al D.Lgs 42/04. A nord invece, l'impianto è prossimo alla zona residenziale della lottizzazione "Green Village" realizzata.

La quota assoluta del piano campagna è di circa 35 m s.l.m.

L'impianto di produzione interesserà una superficie di circa 31 ha, ed è identificato catastalmente alle seguenti particelle:

Foglio 20 – Particelle: 868, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1148, 1149, 1153, 1154, 1157, 1158, 1161, 1162, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173 (parte).

Foglio 21– Particelle: 89, 96, 99, 102, 132 (parte).

L'accesso all'impianto di produzione avviene dalla Strada Provinciale n. 51, entrando su strada privata esistente identificata dalle particelle 1120 e 1173 al foglio 20 del Comune di Vigasio. Le cabine utente e di consegna invece sono posizionate sulle particelle 1091 e 1089 al foglio 20 del Comune di Vigasio.

L'impianto può essere inoltre identificato alle seguenti coordinate geografiche:

Lat: 45.316115° - Long: 10.962011°

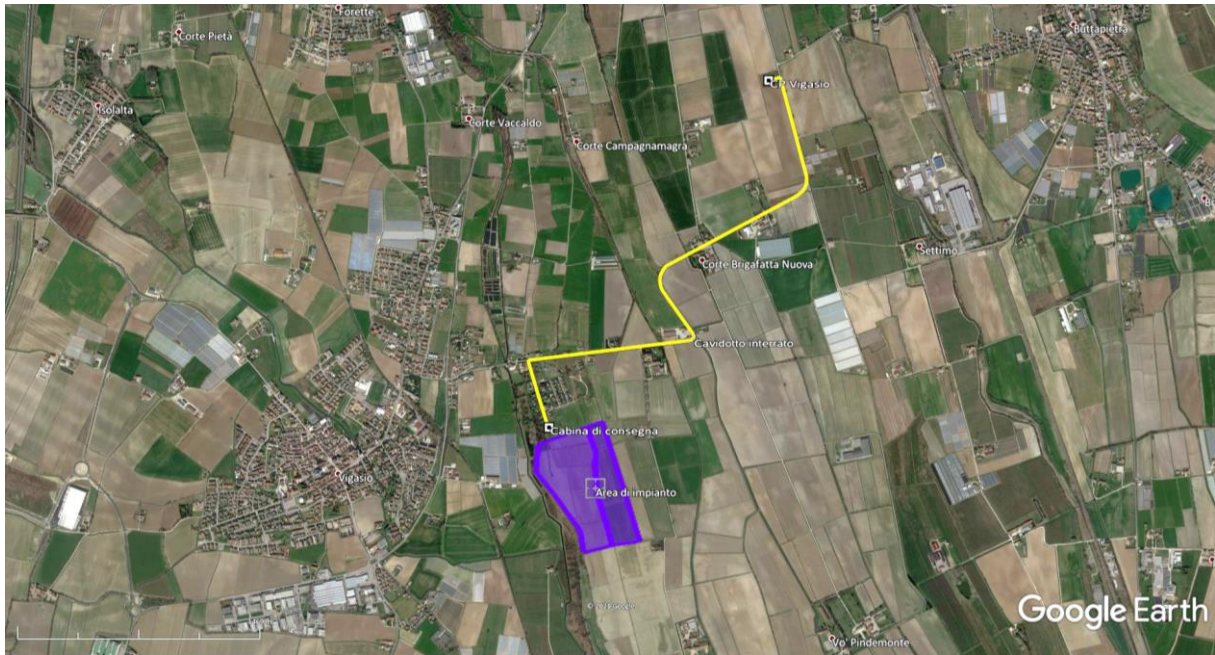


Figura 1 - Rappresentazione dell'area di impianto e delle opere di rete per la connessione

L'impianto di rete per la connessione di E-Distribuzione spa ricade esclusivamente il Comune di Vigasio, in parte su Strada Provinciale N. 51 interessata dall'interramento della nuova linea MT 20 kV per circa 3200 metri; ed in parte su aree private di cui alle particelle 1173, 1120 del foglio catastale n. 20 del Comune di Vigasio, interessate dalla realizzazione della cabina di consegna e dall'interramento della nuova linea MT 20 kV per circa 385 metri.

4.2 Descrizione dell'opera

Lungo i lati dell'impianto sarà installata una recinzione con reti metalliche, plasticate di colore verde a fili orizzontali ondulati, formate da fili zincati disposti in senso verticale ed orizzontale saldati tra loro. Sul perimetro dell'area, è prevista la costituzione di una nuova fascia arborea mitigativa come schermatura paesaggistica.

Per garantire l'accesso nelle cabine elettriche interne e consentire la manutenzione ordinaria e straordinaria ai campi e sottocampi, sarà realizzata la viabilità con carreggiata di circa 3,5 metri sia lungo il perimetro che interna al campo. Le cabine di Conversione e trasformazione MT/BT saranno ad un solo piano fuori terra di dimensioni strettamente necessarie ad ospitare le apparecchiature elettriche (inverter, quadri elettrici). Come sempre accade per le cabine elettriche sarà regola realizzare il collegamento dell'armatura metallica delle strutture all'impianto di terra.

La restante parte dell'area di impianto è a cielo aperto ed ospiterà il campo fotovoltaico, le strade di

collegamento ed i piazzali.

Tutti i principali cablaggi della centrale, in particolare a valle dei quadri di sottocampo (quadri nei quali avviene il parallelo delle stringhe di moduli) sono in esecuzione interrata. In particolare, saranno in esecuzione interrata le dorsali di impianto e tutti i collegamenti elettrici di distribuzione all'interno delle cabine elettriche.

Dal punto di vista elettrico l'Impianto è stato progettato utilizzando lo schema della conversione centralizzata mediante un totale di n. 9 convertitori (inverter) della potenza nominale complessiva di 22040 kW, distribuiti secondo gli schemi illustrati nelle tavole allegate.

Pertanto, gli elettrodotti interni saranno in bassa tensione, corrente continua e corrente alternata, e in media tensione 20 kV a valle della trasformazione bt/MT.

I cablaggi tra i moduli fotovoltaici e tutti i cablaggi dell'impianto di produzione, fino al rispettivo locale "inverter", sono eserciti in corrente continua. Infatti, i moduli fotovoltaici trasformano l'energia del sole in energia elettrica in corrente continua. La tensione massima della sezione in corrente continua è da progetto pari a 702 V (rispettando il range di tensione ammissibile in ingresso all'inverter pari a 968 V).

Nel locale inverter avviene la conversione dell'energia elettrica prodotta da corrente continua a bassa tensione a corrente alternata trifase a bassa tensione (400V) che poi viene trasformata in tensione a 20.000 V. L'energia elettrica fluisce tramite cavi elettrici interrati, in media tensione, al quadro elettrico di raccolta MT (nella cabina utente che funge da smistamento) e poi alla stazione di consegna in MT. Da qui tramite cavo interrato raggiunge il punto di connessione in MT su rete RTN.

4.3 Profili di potenza degli impianti fotovoltaici

La massima potenza elettrica che può essere prodotta dall'impianto fotovoltaico per progetto non sarà inferiore al 75% della potenza nominale del campo fotovoltaico. Generalmente nei mesi primaverili un buon impianto fotovoltaico può arrivare a produrre in c.a. circa il 90% della potenza nominale del campo fotovoltaico. A vantaggio di sicurezza per il calcolo del limite di esposizione ai campi elettromagnetici si utilizzeranno le potenze nominali degli apparati elettrici principali.

4.4 Caratteristiche della rete elettrica

La rete elettrica da realizzare è divisa in due sezioni in base alla tensione di esercizio:

- a) Bassa Tensione (inferiore a 1 kV) in parte interna alle recinzioni dei campi che compongono la centrale fotovoltaica ed in parte esterna ai campi, in corrispondenza del tratto di strada dalla cabina utente all'ingresso dei vari campi fotovoltaici;
- b) Media Tensione (20 kV) dalle cabine di trasformazione alla cabina utente e in seguito alla cabina di consegna; tali condutture sono tutte realizzate in esecuzione interrata secondo la norma CEI 11-17 e il regolamento di attuazione del Codice della Strada.

Particolari realizzativi di questa sezione di rete sono:

- utilizzo di cavi unipolari a campo elettrico radiale singolarmente schermati con gli schermi atterrati ad entrambe le estremità, disposti ad elica visibile su linee parallele in piano, posati direttamente nello scavo;
- disposizione nello scavo di corda nuda in rame, parallelamente agli elettrodotti, per la creazione di un impianto di terra globale tra la centrale e la stazione di consegna.

5 VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

5.1 Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso alla centrale ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Rimane comunque inteso che i limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna della centrale e relativamente ai campi magnetici prodotti da correnti di frequenza 50 Hz. Per la valutazione dei campi magnetici statici prodotti dalla sezione in corrente continua, se necessario, si farà riferimento alla raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999.

5.2 Criteri di valutazione

Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 20.000 V e che campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dagli alberi, dalle strutture metalliche portamoduli, dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, ecc., si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

In particolare, è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine MT/BT della Distribuzione, che i campi elettrici all'esterno delle cabine a media tensione risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

Per quanto concerne invece i campi magnetici è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche.

La Centrale fotovoltaica può essere divisa nelle seguenti sezioni elettromagneticamente distinte:

- il parco fotovoltaico,
- i convertitori (inverter DC/AC);
- le linee in cavo interrate;
- le cabine di trasformazione.

Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal **generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti** di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

Considerando che:

- tale sezione di impianto è tutta esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- i cavi di dorsale dai sottoquadri di campo ai quadri di campo e agli inverter, che sono quelli che trasportano correnti in valore significativo, sono tutti eseguiti in posa interrata e distanti diversi metri (almeno 10) dalle recinzioni di confine;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000 μ T, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Kz;

Si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.

Riguardo all'**inverter** essi saranno certificati CE e in particolare rispetteranno tutte le norme nazionali ed europee in materia di compatibilità elettromagnetica in conformità alla direttiva EMC (direttiva compatibilità elettromagnetica). Essi come tutte le apparecchiature racchiuse entro quadri metallici, presentano emissioni all'esterno praticamente trascurabili.

Per quel che riguarda le **batterie agli ioni di litio** del sistema di accumulo (energy storage system), queste saranno conformi alle direttive sulla compatibilità elettromagnetica 2014/30/EU (L 96/79-106, March 29, 2014) (EMC). I sistemi di accumulo saranno inoltre dotati di certificazione sulle emissioni elettromagnetiche (EMC directive, Article 5 – Annex I.1.a) EN 55011:2016 + A1:2017 group 1, class A >20 kVA; e sulla compatibilità elettromagnetica (EMC directive, Article 5 – Annex I.1.b) EN 61000-6-2:2005.

Occorre sottolineare che le batterie agli ioni di litio sono alimentate ad una tensione cc di 1300V, ed i livelli di induzione magnetica a bassa frequenza ed a frequenza 0 hz, come in questo caso, in corrispondenza di detti apparati elettrici collegati ai pannelli fotovoltaici sono normalmente inferiori al valore del campo magnetico terrestre. *Fonte: Arpa sezione provinciale di Ravenna- Relazione su misure di induzione magnetica presso impianti fotovoltaici nel territorio provinciale.*

Non si considerano importanti per la verifica dei limiti di esposizione, considerando che tali locali non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione molto limitate nel tempo, i seguenti componenti:

- i **cavi a media tensione e le sbarre dei quadri di media tensione** (non accessibili a personale non autorizzato);
- i **cavi di bassa tensione** tra il trasformatore e gli inverter considerando che le diverse fasi saranno in posa ravvicinata in cunicolo interrato all'interno della cabina o comunque all'interno dell'impianto.

Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio, il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori. Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa e media tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione).

Nelle **cabine di trasformazione** sono presenti i seguenti apparati:

- quadri elettrici in bassa e media tensione,
- trasformatori BT/MT.

Tutte le apparecchiature racchiuse entro quadri metallici (quadri BT, quadri MT) presentano emissioni all'esterno praticamente trascurabili, mentre deve essere valutato il campo magnetico generato dai trasformatori, ad opera dei flussi dispersi.

La valutazione dei campi generati dal trasformatore parte da dati sperimentali su una taglia e tipo standard di trasformatore MT/BT per poi essere estesa con le dovute approssimazioni alla varia gamma di tipologie e potenze. Si riporta in tabella l'induzione magnetica prodotta da due trasformatori MT/BT in resina della potenza di 2500 kVA con tensione di corto circuito pari al 6%.

Potenza Trasformatore	Distanza dal Trasformatore					
	1 m	2 m	3 m	5 m	7 m	10 m
2500 KVA	57,57 μ T	8,27 μ T	2,66 μ T	0,64 μ T	0,25 μ T	0,09 μ T

I valori ottenuti sono compatibili con la legislazione sia all'interno che all'esterno della centrale. Pertanto, nel nostro caso, considerando che la Potenza del Trasformatore è pari a 2000 kVA e considerando anche una sovrapposizione degli effetti in un punto esterno alla centrale, il valore di induzione magnetica determinato dalle varie sorgenti in condizioni di funzionamento a potenza nominale sarà di molto inferiore al limite di esposizione.

5.3 Elettrodotti a MT interrati

Come si evince dalle tavole allegate il progetto prevede la realizzazione di due diverse tipologie di elettrodotti MT Interrati:

- Collegamento in cavi interrati $3 \times 1 \times 70 \text{ mm}^2$ e $3 \times 1 \times 95 \text{ mm}^2$ 20kV con conduttori in rame tra le cabine di trasformazione in campo
- Collegamento in cavi interrati $3 \times 1 \times 95 \text{ mm}^2$ 20kV con conduttori in rame per la connessione alla cabina di consegna
- Collegamento in cavi interrati $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$ 20kV con conduttori in alluminio per l'impianto di rete per la connessione

Essi sono costituiti da una linea elettrica in cavo cordato ad elica. Per quanto riguarda i campi elettrici prodotti dagli elettrodotti interrati, essi sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi atterrato ad entrambe le estremità e all'effetto schermante del terreno stesso.

Il cavo in progetto a 20 kV (Classe 2° ai sensi della CEI 11-4) sarà costituito da un cavo tripolare isolato in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC, per posa interrata (RG7H1OR).

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, i cavi impiegati sono del tipo cordati ad elica, sigla RG7H1(O)R tensione 20 kV. A tale proposito si richiama il paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/5/2008 in cui si sottolinea che "le linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree)" costituiscono uno dei casi di esclusione di applicazione di detta metodologia poiché in questo caso le fasce associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n° 449/88 e dal decreto del Ministro dei lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991.

Pertanto nel caso in esame la determinazione della DPA associata del suddetto collegamento elettrico non risulta necessaria.





Media tensione - Energia



Pb Free

RG7H1R-1,8/3 kV ÷ 26/45 kV RG7H1OR-1,8/3 kV ÷ 18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici, fisici e meccanici:	CEI 20-13 IEC 60502
Non propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Misura delle scariche parziali:	CEI 20-16 IEC 60885-3



RG7H10R - 12/20 kV

U_o/U: 12/20 kV

U max: 24 kV

Caratteristiche tecniche

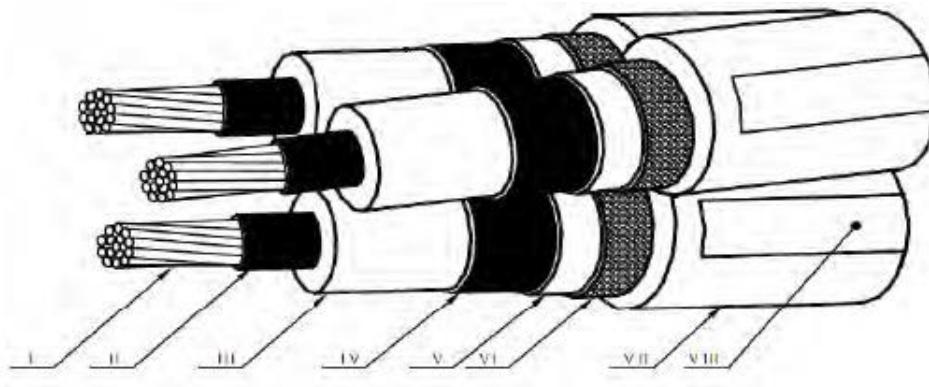
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	in aria	interrato*
3 x 35	7,0	5,5	56,3	3895	177	175
3 x 50	8,1	5,5	58,0	4490	210	207
3 x 70	9,7	5,5	64,0	5440	262	253
3 x 95	11,4	5,5	67,0	6605	315	301
3 x 120	12,9	5,5	70,5	7830	361	342
3 x 150	14,3	5,5	73,6	9050	407	381
3 x 185	16,0	5,5	78,0	10500	470	431
3 x 240	18,3	5,5	84,0	13025	550	500
3 x 300	21,0	5,5	90,0	15495	630	562

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:
- Resistività termica del terreno: 1 K-mW
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz	Reattanza di fase	Capacità a 50Hz
n° x mm ²	Ω/Km	Ω/km	Ω/Km	μF/km
3 x 35	0,524	0,669	0,13	0,17
3 x 50	0,387	0,494	0,12	0,18
3 x 70	0,268	0,342	0,11	0,21
3 x 95	0,193	0,247	0,10	0,23
3 x 120	0,153	0,197	0,10	0,25
3 x 150	0,124	0,159	0,10	0,27
3 x 185	0,0991	0,129	0,098	0,29
3 x 240	0,0754	0,0990	0,094	0,32
3 x 300	0,0601	0,0807	0,092	0,35

Cavo elicordato in rame utente



I – Aluminum Conductor

II – Conductor screen

III – Insulation

IV – Insulation screen

V – Longitudinal watertightness

VI – Aluminum foil earth screen

VII – Outer sheath

VIII – Marking

Cavo elicordato in alluminio per la connessione alla rete

5.4 Cabine elettriche

Per quanto riguarda le cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttori + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 \cdot X^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

Nella tabella successiva si riportano a titolo di esempio le distanze di prima approssimazione (Dpa) per fasce di 3 µT calcolate in alcuni casi reali.

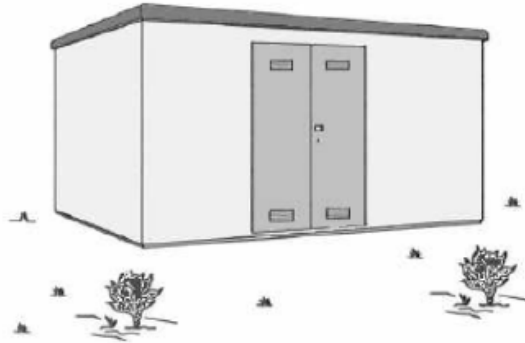
Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

Per cabine secondarie di sola consegna MT, ovvero senza trasformazione, la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente, come indicato anche nelle Linee guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (Dpa) da linee e cabine elettriche" redatte da Enel Distribuzione S.p.A. al fine di semplificare ed uniformare l'approccio al calcolo della Distanza di Prima Approssimazione dei propri impianti.

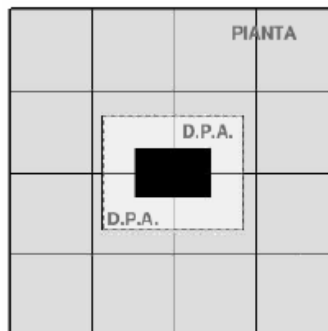
Prendendo in considerazione il caso peggiore, risulta una Dpa pari a 2,5 m. Nella zona di installazione della cabina di consegna e trasformazione non sono presenti entro tale limite aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.


Secondo 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 redatto da Enel Distribuzione lato media tensione, si riportano di seguito le indicazioni per le DPA, con una distanza di prima approssimazione da 1,5 metri a 2,0 metri per l'installazione di un trasformatore bt/MT da 630 kVA.


B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 15 KV O 20 KV



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

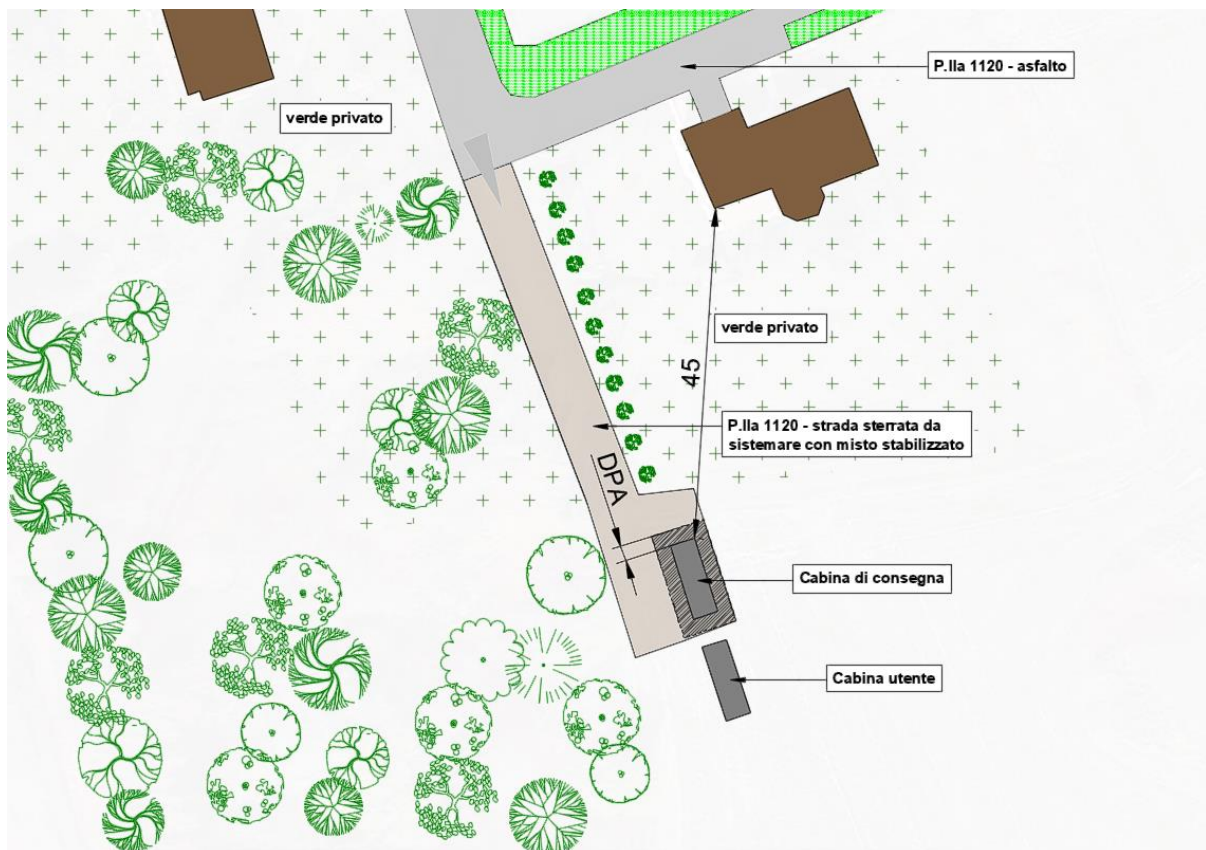


 $< 3 \mu T$

 $> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

DPA Cabina di consegna



Planimetria DPA cabina elettrica di consegna

5.5 Considerazioni

Si ribadisce che le correnti utilizzate nei calcoli, ai sensi della normativa vigente, sono ben maggiori delle correnti di impiego valutate alla potenza nominale dell'impianto. Inoltre, la scelta di sezioni dei cavi (e quindi portate) elevate ha anche lo scopo di ridurre le cadute di tensione sulle linee, a fronte di correnti di esercizio ridotte rispetto alla portata del cavo stesso.

A seguito dei sopralluoghi effettuati si è riscontrato che le distanze di rispetto calcolate sono sempre rispettate, considerando il fatto che gli edifici ad uso residenziale o similare più vicini alla viabilità lungo la quale saranno interrate le linee a MT si trovano a distanze superiori dalla sede stradale rispetto alla fascia di rispetto.

6 CONCLUSIONI

A seguito delle valutazioni preventive eseguite, tenendo sempre presente le dovute approssimazioni conseguenti alla complessità geometrica della sorgente emissiva e precisando che le simulazioni dei paragrafi precedenti riguardano solo le opere elettriche di progetto, si presume che l'opera proposta, per le sue caratteristiche emissive e per l'ubicazione scelta, sarà conforme alla normativa italiana in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici. Successivamente alla realizzazione ed entrata in esercizio dell'impianto, il rispetto dei limiti di esposizione, se necessario, potrà essere verificato e confermato con misure dirette in campo.