

REGIONE LAZIO
Provincia di LATINA

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO AGROVOLTAICO "LA COGNA"
DA 22.066,2 kWp E DELLE RELATIVE OPERE ED
INFRASTRUTTURE CONNESSE NEL TERRITORIO DEL COMUNE
DI APRILIA (LT)

Potenza Nominale Impianto: 22.066,2 kWp

Potenza Immissione: 21.800,0 kW

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO:

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA:
VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI MAGNETICI ED
ELETTROMAGNETICI GENERATI**

COMMITTENTE

ILOS

INE La Cogna srl

A Company of ILOS New Energy Italy

INE La Cogna S.R.L.

Piazza di Sant'Anastasia, 7

00186 Roma (RM)

P. IVA 16311421008

P.e.c. inelacognasrl@legalmail.it

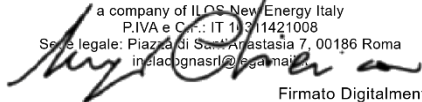
INE LA COGNA S.R.L.

a company of ILOS New Energy Italy

P.IVA e C.F.: IT 16311421008

Seve legale: Piazza di Sant'Anastasia 7, 00186 Roma

inelacognasrl@legalmail.it



Firmato Digitalmente

PROGETTISTI

Ing. Roberto DI MONTE



Gruppo di Lavoro: Ing. R. Di Monte, Arch. V. Lauriero, Dott. Geol. N. Pellicchia, Per. Ind. L. Pelino, Dott. Agr. T. Vameralli

02					
01					
00	Emissione	11/07/22	Ing. Di Monte	Arch. Lauriero	Ing. Di Monte
Rev	Descrizione	Data	Eseguito	Verificato	Approvato
	Formato A4	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI			
	N. Pagine 25+copertina				
	Ing Roberto Di Monte Via Vittorio Veneto, 38 70128 - Bari Palese info@dimonte.eu	Commessa L2203	Documento VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI GENERATI	N. Doc. Rel 10	

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.1	Norme tecniche	4
3.2	Legislazione italiana.....	4
3.3	Definizioni e Abbreviazioni	4
3.4	Attuazione Normativa vigente	5
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
4.1	Inquadramento dell'opera	9
4.2	Caratteristiche generali dell'impianto agrovoltaiico	9
4.3	Connessione alla rete di distribuzione pubblica.....	10
4.4	Impianto di rete RTN per la connessione	10
4.5	Impianto di rete utente per la connessione	11
4.6	Descrizione dell'impianto elettrico	11
4.7	Caratteristiche della rete elettrica	12
5	VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	14
5.1	Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione.....	14
5.2	Criteri di Valutazione.....	14
5.3	Valutazioni e Calcoli per le Cabine elettriche di Conversione e Trasformazione	15
5.3.1	Sbarre Quadri BT.....	15
5.3.2	Trasformatore MT/BT.....	16
5.4	Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti	17
5.4.1	Caso con n. 2 terne di cavi MT interrati di sezione 240 mm ²	17
5.4.2	Caso con n. 1 terne di cavi AT interrati di sezione 1600 mm ²	20
5.5	Sottostazione di trasformazione AT/MT.....	22
5.6	Individuazione possibili ricettori	23
6	CONCLUSIONI	25

1 PREMESSA

Oggetto della seguente relazione è la valutazione preventiva dei campi elettromagnetici generati dagli impianti elettrici connessi alla realizzazione dell'impianto agrovoltaico "La Cogna" di conversione dell'energia solare in energia elettrica tramite tecnologia fotovoltaica e le relative opere ed infrastrutture connesse da realizzarsi nel territorio del Comune di Aprilia (LT).

La relazione ha lo scopo di descrivere le emissioni di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici generati durante l'esercizio dell'impianto 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 la descrizione dell'opera da realizzarsi così come risultante dagli elaborati progettuali allegati al progetto definitivo.

Il § 5 contiene la valutazione preventiva dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici per le aree limitrofe all'opera e la relativa verifica di conformità della stessa alla legislazione vigente in materia di esposizione della popolazione.

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

La progettazione è stata studiata utilizzando le tecnologie ad oggi presenti e disponibili sul mercato; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione dell'impianto le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto) potranno non essere più disponibili sul mercato e quindi potranno essere impiegate nella realizzazione tecnologie disponibili e più all'avanguardia, lasciando invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di occupazione del suolo.

2 LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in 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 (μ T). 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 agrovoltico (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 DI RIFERIMENTO

3.1 Norme tecniche

- CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI R014-001 "Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza";
- CEI 11-60" Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I".

3.2 Legislazione italiana

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

3.3 Definizioni e Abbreviazioni

- Impianto agrovoltaiico: Il termine "impianto agrovoltaiico" o "impianto" verrà di seguito utilizzato per identificare l'insieme dei pannelli fotovoltaici, dei quadri di parallelo, delle cabine inverter e di trasformazione MT/BT, della rete elettrica per il collegamento dei pannelli alla cabina inverter (rete BT), della rete elettrica per il collegamento delle cabine di trasformazione con la cabina di raccolta (rete MT), dell'impianto di videosorveglianza, dell'impianto di telecontrollo, degli impianti per servizi ausiliari, delle opere civili (recinzione viabilità ecc.), e di eventuali manufatti necessari alla coltivazione agricola realizzate sull'area di impianto indicata negli elaborati grafici.
- Impianto per la connessione: l'"impianto per la connessione" è l'insieme degli impianti realizzati a partire dal punto di inserimento sulla rete esistente, necessari per la connessione alla rete di un impianto di produzione.
- Impianto di rete per la connessione: L' "impianto di rete per la connessione" è la porzione di impianto per la connessione di competenza del gestore di rete, nel caso specifico Terna, compresa tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione individuato sui terminali AT della futura Stazione RTN a 150 kV.

- **Impianto di utenza per la connessione:** L' "impianto di utenza per la connessione" è la porzione di impianto per la connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza dell'utente, consistente nell'elettrodotto di Vettoriamento MT a 20 kV, della Sottostazione Utente AT/MT e dell'elettrodotto AT a 150 kV di Connessione.
- **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 (3 µT). Come prescritto dall'articolo 4, c. 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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore;
- **Esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) dell'art. 3 Legge 36/2001 e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

3.4 Attuazione Normativa vigente

Secondo quanto previsto dalla legge del 22 febbraio 2001, n. 36, in particolare all'art. 4, comma 2, lettera a), il DPCM 8 luglio 2003 ha fissato i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti:

<p>LIMITE DI ESPOSIZIONE</p> <p>Valore efficace che non deve essere superato in caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti</p>	<p>100 µT</p> <p>5 kV/m</p>
<p>VALORE DI ATTENZIONE</p> <p>Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare a titolo di misura di cautela per la protezione 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</p>	<p>10 µT</p>
<p>OBIETTIVO DI QUALITA'</p> <p>Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz 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</p>	<p>3 µT</p>

ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio	
---	--

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

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).

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotto" 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 μ T.

L'art. 6 del DPCM 8/7/03 recita:

1. "Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 [...]"

2. "L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti".

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto riferite agli elettrodotti sia aerei che interrati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha comunicato con lettera prot. DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004, che "la metodica da usarsi per la determinazione provvisoria delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio può compiersi come segue:

[...]

3. Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche", cap. 4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l'algoritmo definito al cap. 4.3.

4. Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 μ T in termini di valore efficace.

5. Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni, espresse in metri, possono essere arrotondate all'intero più vicino".

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);

La costruzione e l'esercizio dell'impianto agrovoltaiico e delle relative opere connesse, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, saranno eseguiti secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Enel Distribuzione S.p.A.

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni 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 corrispondenza del valore di $3 \mu\text{T}$, si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 Inquadramento dell'opera

L'impianto agrovoltaiico sarà di potenza nominale di 22.066,2 kWp realizzato su suolo privato in Zona Agricola nel territorio del comune di Aprilia (LT) NCT Foglio 115 P.Ile 13, 14, 17, 27, 28, 30, 78, 2327. L'impianto sarà collegato alla rete pubblica RTN tramite la costruzione dell'impianto di rete per la connessione e l'impianto di utenza per la connessione.

L'impianto di rete RTN per la connessione consiste in un collegamento in antenna a 150 kV dell'impianto agrovoltaiico, con una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle linee a 150 kV RTN "Aprilia 150 – Campo di Carne" e "S.Rita – Aprilia 150". Le specifiche di queste opere sono riportate nel PTO RTN allegato, redatto dalla ICA ONE Srl in qualità di capofila con soluzione RTN comune.

Invece l'impianto utente per la connessione sarà formato da:

- Elettrodotto di vettoriamento MT (2730 m), in doppia terna, che collegherà la Cabina di Raccolta posta nell'area di impianto con il quadro MT a 20 kV della Sottostazione di Trasformazione Utente AT/MT a 150/20 kV.
- Sottostazione di Trasformatore AT/MT a 150/20 kV posizionata nei pressi del punto di connessione per innalzare la tensione a 150 kV.
- Elettrodotto AT a 150 kV (165 m) in cavo interrato posato a trifoglio che collegherà lo stallo AT della Sottostazione AT/MT al punto di connessione sui Terminali AT dello stallo linea dedicato nella Futura Stazione Elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN.

Allegato al progetto dell'impianto agrovoltaiico si può trovare e prendere visione del PTO Impianto Utente per la Connessione.

4.2 Caratteristiche generali dell'impianto agrovoltaiico

caratteristiche generali:

L'impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica e agricola in oggetto avrà le seguenti caratteristiche generali:

- potenza nominale dei moduli fotovoltaici installati pari a 22.066,2 kWp
- sottostruttura formata da tracker mono assiali (rotazione Est-Ovest)
- n° 35880 pannelli fotovoltaici, con dimensioni 2465x1134x35 mm
- N. 6 inverter con potenza da 4000 kVA
- N. 6 Trasformatore MT/BT da 5000 kVA
- n° 6 Cabine Container di Conversione e Trasformazione BT/MT (Tipo MV Power Station 4000 della SMA) posizionate all'interno del campo contenente l'inverter, il trasformatori BT/MT, i quadri MT e i quadri BT di comando/Ausiliari
- N. 1 Cabina di Raccolta MT prefabbricate posizionate sull'area di impianto nei pressi

dell'accesso utile al sezionamento dell'impianto dall'elettrodotto di vettoriamento MT

- N. 1 Lacale prefabbricato adibito a Sala Controllo
- rete MT interna al campo di collegamento delle Cabine di Trasformazione (Power Station) con la Cabina di Raccolta
- rete elettrica a bassa tensione in corrente continua interna all'area di impianto per il collegamento delle stringhe ai quadri di parallelo stringhe
- rete elettrica a bassa tensione in corrente continua interna all'area di impianto per il collegamento dei quadri di parallelo stringhe agli inverter;
- rete telematica interna di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto agrovoltico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc.).
- Coltivazione di foraggio tra le file (come meglio riportato nella relazione specialistica agronomica)

4.3 Connessione alla rete di distribuzione pubblica

L'impianto agrovoltico sarà connesso alla rete di trasporto nazionale RTN tramite la costruzione dell'impianto per la connessione, consistente in impianto di rete per la connessione RTN e impianto di utenza per la connessione del produttore.

4.4 Impianto di rete RTN per la connessione

L'impianto di rete per la connessione, permetterà di connettere l'impianto agrovoltico in antenna a 150 kV sullo stallo AT di una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulle linee a 150 kV RTN "Aprilia 150 – Campo di Carne" e "S.Rita – Aprilia 150". E come comunicato da Terna, con STMG avente codice pratica 202100463, saranno previsti i seguenti interventi:

- realizzazione della SE RTN 380 kV Aprilia e nuovi collegamenti alla SE RTN Aprilia 150 kV, nonché la realizzazione del collegamento fra la CP Aprilia e la SE Aprilia a 150 kV, di cui al Piano di Sviluppo Terna;
- potenziamento/rifacimento della due tratte risultanti di linea RTN a 150 kV dalla nuova SE alla stazione RTN 150 kV di "Aprilia 150".

L'impianto di rete per la connessione costituirà parte integrante della rete elettrica nazionale, non sarà oggetto di dismissione a fine vita dell'impianto, sarà gestito, esercito e mantenuto da Terna. Per questo è stato redatto il progetto definitivo (PTO RTN) da sottoporre a validazione di Terna.

Si evidenzia che la nuova stazione di smistamento a 150 kV e i relativi raccordi sono stati autorizzati in un procedimento PAUR con A.U. prot. n. 13539 del 06/04/2022, nel presente progetto è inserito l'ampliamento con ulteriori due stalli per permettere il doppio entra-esce richiesto dalla STMG. La SE di smistamento a 150 kV insisterà sulle particelle individuate al NCT del Comune di Aprilia (LT) al Fg 132 P.Ila 27; la stazione occuperà nel complesso un'area di circa 12.000 m².

4.5 Impianto di rete utente per la connessione

L'impianto di utenza per la connessione permetterà di vettoriare l'energia prodotta dall'impianto agrovoltaico verso il punto di connessione coincidente con i codoli dei terminali AT dello stallo dedicato nella nuova Stazione Elettrica di Smistamento (SE) RTN a 150 kV. Sarà costituito da:

- Elettrodotto di vettoriamento MT di lunghezza pari a ca 2730 m, formato da due terne di cavo interrato da 240 mm² utile a vettoriare l'energia prodotta dall'impianto agrovoltaico verso la Sottostazione di Trasformazione AT/MT a 150/20 kV
- Sottostazione di Trasformazione AT/MT a 150/20 kV formato da uno stallo Trasformatore, sistema di sbarre e stallo linea AT a 150 kV.
- Elettrodotto di connessione AT a 150 kV di lunghezza pari a ca 165 m, formato da una terna di cavo interrato da 1600 mm², utile alla connessione dell'impianto utente al punto di connessione coincidente con i terminali cavi AT dello stallo dedicato nella nuova SE RTN a 150 kV.

Le caratteristiche dell'impianto utente sono riportate nell'allegato PTO Impianto di utenza che sarà sottoposto a validazione Terna.



Planimetria Opere Impianto di Utenza per la Connessione

4.6 Descrizione dell'impianto elettrico

L'area dell'impianto agrovoltaico sarà interamente recintata.

Internamente al campo, lungo la viabilità, saranno ubicate le cabine elettriche dell'impianto realizzate in prefabbricati in cav e da container ad un solo piano fuori terra di dimensioni strettamente necessarie ad ospitare le apparecchiature elettriche (quadri elettrici ecc.). Come sempre accade per le cabine elettriche sarà regola realizzativa il collegamento dell'armatura metallica delle strutture all'impianto di terra.

La restante parte dell'area di impianto è a cielo aperto ed ospiterà l'impianto agrovoltaico e le strade di collegamento.

Tutti i principali cablaggi dell'impianto, in particolare i cavi MT sono in esecuzione interrata. In particolare, saranno in esecuzione interrata le dorsali di impianto e tutti i collegamenti elettrici di distribuzione all'interno della cabina elettrica.

Gli elettrodotti interni saranno in bassa tensione, corrente continua e corrente alternata, e in media tensione in corrente alternata.

I cablaggi tra i moduli fotovoltaici e tutti i cablaggi dell'impianto di produzione fino all'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 fino a 1500 V (tensione in ingresso all'inverter).

Sugli inverter avviene la conversione dell'energia elettrica prodotta da corrente continua a bassa tensione a corrente alternata trifase a bassa tensione (600 V) che poi viene trasformata in tensione a 20.000 V nell'adiacente scomparto di trasformazione.

Generalmente la massima producibilità del sistema agrovoltaico sul lato BT in corrente alternata ha un'efficienza al max dell'86% rispetto all'energia producibile nominale del sistema ai morsetti dei moduli in condizioni standard di funzionamento.

A vantaggio di sicurezza per il calcolo del limite di esposizione si utilizzeranno le potenze nominali degli apparati elettrici principali, ovvero la potenza nominale del trasformatore elevatore MT/BT.

4.7 Caratteristiche della rete elettrica

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

- a. *Bassa tensione* in corrente continua (inferiore a 1,5 kV) tra i moduli FV e l'inverter;
- b. *Bassa tensione* in corrente alternata (600 V AC inferiore a 1 kV) tra gli inverter e il trasformatore;
- c. *Media Tensione* (20 kV) tra le cabine di trasformazione e quella di raccolta e tra la cabina di raccolta e la Sottostazione di Trasformazione AT/MT; tali condutture sono tutte realizzate in esecuzione interrata secondo la norma CEI 11-17. Particolari realizzativi di questa sezione di rete sono:
 - o utilizzo di cavi unipolari a campo elettrico radiale singolarmente schermati con gli schermi aterrati ad entrambe le estremità, cordati (intrecciati) ad elica visibile, posati direttamente nello scavo;
- d. *Alta Tensione* (150 kV) tra la Sottostazione di Trasformazione AT/MT e il punto di consegna sullo stallo della futura stazione AT RTN; tali condutture sono tutte realizzate in esecuzione interrata secondo la norma CEI 11-17. Particolari realizzativi di questa sezione di rete sono:

- utilizzo di cavi unipolari a campo elettrico radiale singolarmente schermati con gli schermi aterrati ad entrambe le estremità, cordati (intrecciati) ad elica visibile, posati direttamente nello scavo;

5 VALUTAZIONE PREVENTIVA 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 agrovoltaiico, essendo l'accesso all'impianto ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Invece per le aree esterne a ridosso dell'impianto e nelle vicinanze delle opere di rete per la connessione vanno verificati i limiti di esposizione, secondo gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

Rimane comunque inteso che i limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna dell'impianto 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

Al contrario delle linee elettriche, per le quali è ormai consolidato un metodo di calcolo preventivo dei campi magnetici ed elettrici, per le cabine elettriche e per tutti i sistemi non assimilabili alle linee elettriche, a causa delle geometrie complesse, non è agevole determinare gli andamenti dei campi elettrici e magnetici con modelli matematici, ma a valle di considerazioni preventive di massima. In caso di dubbio si deve procedere direttamente alle misure in campo.

Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore agrovoltaiico 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 stringa fino agli inverter saranno posati lungo le file dei moduli distanti diversi metri 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 Hz;

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

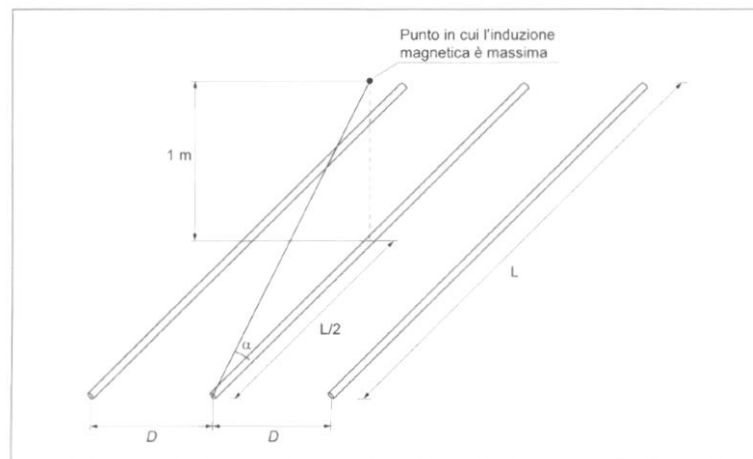
Per quanto concerne la sezione in **corrente alternata**, all'interno del campo, le principali sorgenti emissive sono l'inverter, le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, il o i trasformatori

elevatori e gli elettrodotti in media e bassa tensione. Invece all'esterno del campo le principali sorgenti sono l'elettrodotto di vettoriamento MT e AT con la sottostazione di trasformazione AT/MT.

5.3 Valutazioni e Calcoli per le Cabine elettriche di Conversione e Trasformazione

5.3.1 Sbarre Quadri BT

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione, contenute nel quadro BT, si è ipotizzato che esse siano parallele e distino l'una dall'altra **D** (espressa in metri), siano lunghe **L** metri ed attraversate da una corrente **I**. Ad un metro di distanza dalle sbarre l'induzione magnetica assume il suo massimo valore¹:



$$B_{MAX} = \frac{0,346 \cdot I \cdot D \cdot \sin(\arctan(L/2))}{1+D^2}$$

Nella Tabella seguente sono riportati i valori massimi di induzione magnetica **BMAX** espressi in μT per alcuni valori di **L**, e **I** con tipica distanza sbarre **D** di 10 cm

L (m)	D (cm)	I				
		100 A	200 A	500 A	1000 A	4000 A
1	10	1,5	3,1	7,7	15,3	61,3
2	10	2,4	4,9	12,1	24,3	1226
5	10	3,2	6,4	15,9	31,8	306
10	10	3,4	6,7	16,8	33,6	612

¹ Si veda Appendice E del testo "La protezione dai campi elettromagnetici" - Prof. Paolo Vecchia - Ed. TNE 2003.

Dalla tabella risulta che l'induzione aumenta con la lunghezza L, ma oltre i 5 m l'aumento diventa trascurabile. Tali valori sono compatibili, nelle vicinanze del quadro, con la legislazione vigente. Riguardo all'inverter essi saranno certificati CE e in particolare rispetteranno tutte le norme nazionali ed europee in materia di compatibilità elettromagnetica.

Nel nostro caso specifico il quadro BT potrebbe essere costruito avendo le sbarre lunghe 1 m e tipica distanza tra esse di 10 cm, l'induzione magnetica non supererebbe i 61,3 uT per quadri con corrente nominale da 4000 A (la corrente nominale del singolo inverter in bassa tensione non supera i 3850 A a Pmax=4000 kVA e 600 V), compatibile con la legislazione vigente.

5.3.2 Trasformatore MT/BT

Il valore dell'induzione magnetica (B) decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore si può calcolare il valore di dell'induzione magnetica B (μT) con la formula:

$$B = 5 \cdot \frac{U_{cc}}{6} \cdot \sqrt[2]{\frac{S_r}{630}} \cdot \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}$$

U_{cc} = Tensione percentuale di cortocircuito

S_r = Potenza nominale del trasformatore (kVA)

a = distanza dal trasformatore (m)

Si riporta in tabella l'induzione magnetica prodotta dai trasformatori MT/BT in resina della potenza di 5000 kVA e tensione di corto circuito 6%.

Potenza trasformatore	Distanza dal trasformatore					
	1 m	2 m	3 m	5 m	6 m	10 m
5000 kVA	342,7 μT	49,2 μT	15,8 μT	3,78 μT	2,3 μT	0,54 μT

Come si vede dai valori ottenuti già ad una distanza di 6 m si è al disotto dei 3 μT.

I valori ottenuti sono compatibili con la legislazione sia all'interno che all'esterno dell'impianto. In un buffer di 6 m sulle cabine container che contengono il trasformatore MT/BT di potenza, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, come abitazioni, asili ecc.

5.4 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti

La valutazione è effettuata nei riguardi dell'elettrodotto interrato MT di vettoriamento e dall'elettrodotto interrato AT di connessione oggetto del presente progetto. La valutazione dei campi elettrici e magnetici delle opere RTN è tratta nel PTO RTN.

Le linee elettriche durante il loro funzionamento generano un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il campo magnetico è proporzionale alla corrente che l'attraversa. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza dalla linea.

In corrispondenza del punto centrale si rileva il valore massimo del campo elettrico e magnetico, pertanto avendo fissato come valore di riferimento per la fascia di rispetto quello di $3 \mu T$, e ricercando la distanza dal suolo alla quale si ottiene nel punto di massimo proprio tale valore, è possibile calcolare la fascia di rispetto da applicare all'elettrodotto.

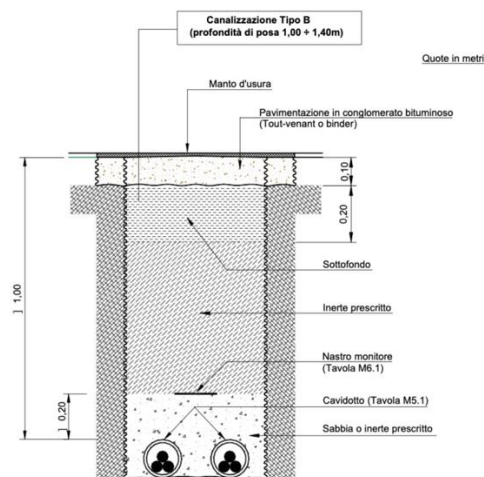
Per il calcolo dei valori imperturbati del campo elettrico e magnetico è stato utilizzato il software XGSA FD della XGSALAB Software. Con XGSA FD, se necessario, si potrà effettuare anche un'analisi tridimensionale.

Si precisa che il valore di corrente inserito nei calcoli è quello della portata nominale dei cavi, di gran lunga superiore a quello realmente erogabile dall'impianto agrovoltaiico.

I calcoli sono comunque stati effettuati considerando la semplice posa a trifoglio, ipotesi a favore della sicurezza.

5.4.1 Caso con n. 2 terne di cavi MT interrati di sezione 240 mm²

Per i cavi MT il caso peggiore da valutare è quello dell'elettrodotto di vettoriamento utente MT a 20 kV formato da due terne interrate di cavi con sezioni da 240 mm².



Sezione Scavo tipo

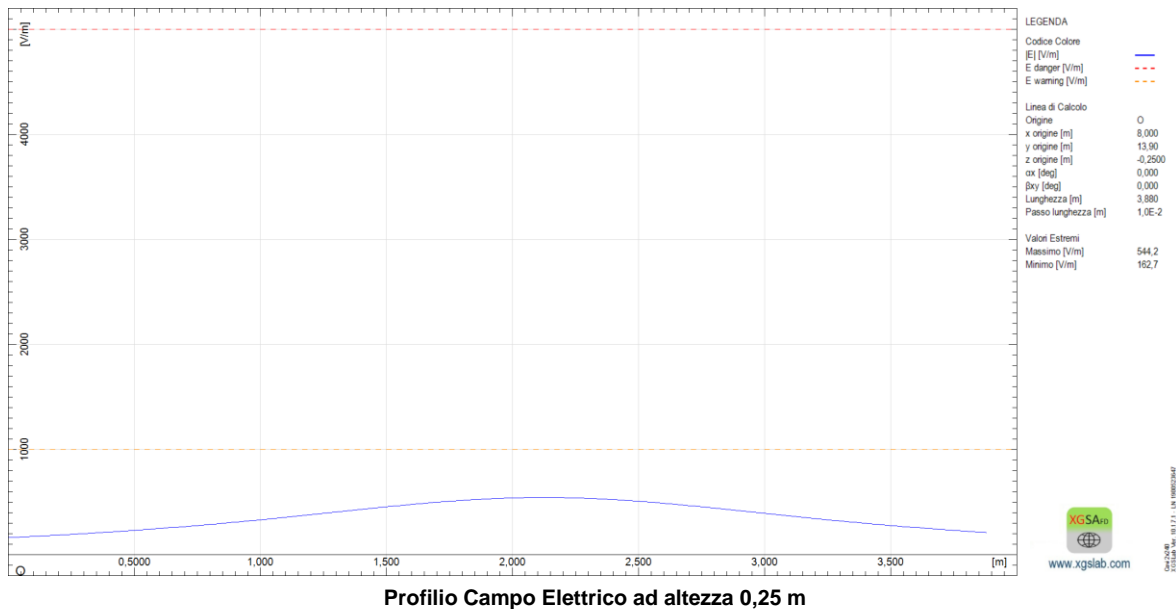
Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 20.000 V

- Portata massima del cavo: 418 A
- Sezione cavo: 240 mm²
- Profondità di posa 1,1 m
- Diametro conduttore 41 mm
- Interasse delle due terne 25 cm

Campo Elettrico

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico a 0,25 m (caviglia corpo umano) da terra e ad 1,5 m da terra (altezza cuore di un individuo di media altezza) per una ipotetica sezione trasversale. Nei due casi si vede che il valore del campo elettrico è di gran lunga inferiore a 5 kV/m.

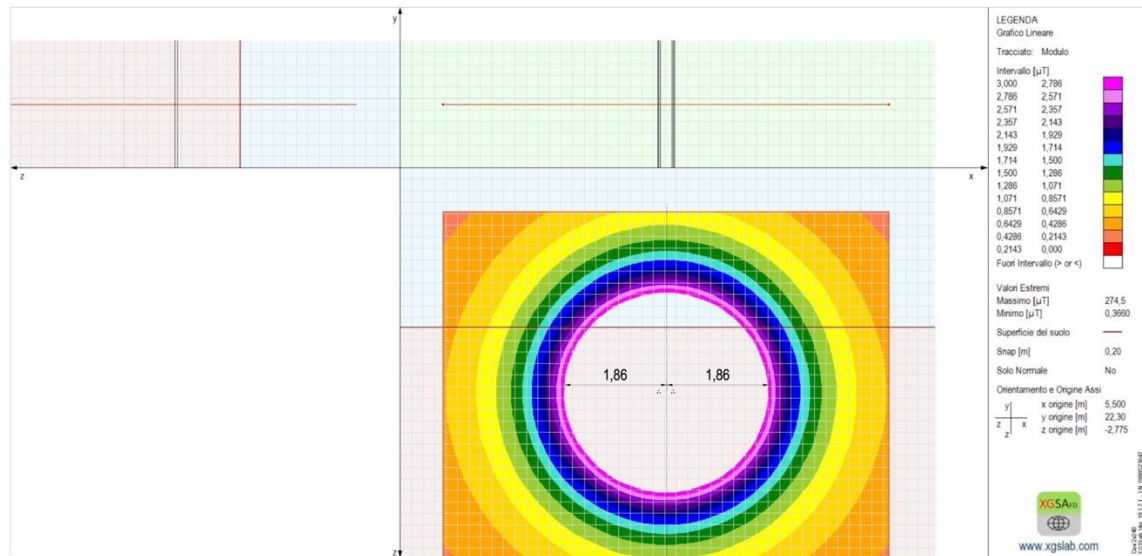




Profilo Campo Elettrico ad altezza 1,5 m

Campo Magnetico (Induzione Magnetica)

Di seguito sono riportata la sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



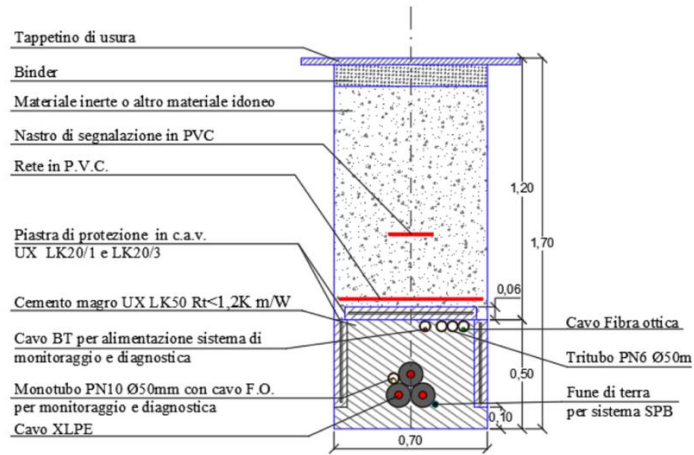
Calcolo Induzione Magnetica sulla sezione dei due cavi MT da 240 mm²

Come si vede dai risultati di calcolo ottenuti nemmeno in corrispondenza dell'asse della linea si avranno valori di induzione magnetica superiore ai 3 µT ad un'altezza di 1,5 m

Alla luce di quanto esposto si ritiene di adottare una fascia di rispetto pari alla **DPA=1,9 m** asse linea. Per tutto il tracciato dell'elettrodotto di vettoriamento a MT, in tale fascia, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, Come abitazioni, asili ecc.

5.4.2 Caso con n. 1 terne di cavi AT interrati di sezione 1600 mm²

Il cavo AT da valutare è quello dell'elettrodotto di connessione utente AT a 150 kV formato da una terne interrata di cavi con sezioni da 1600 mm².



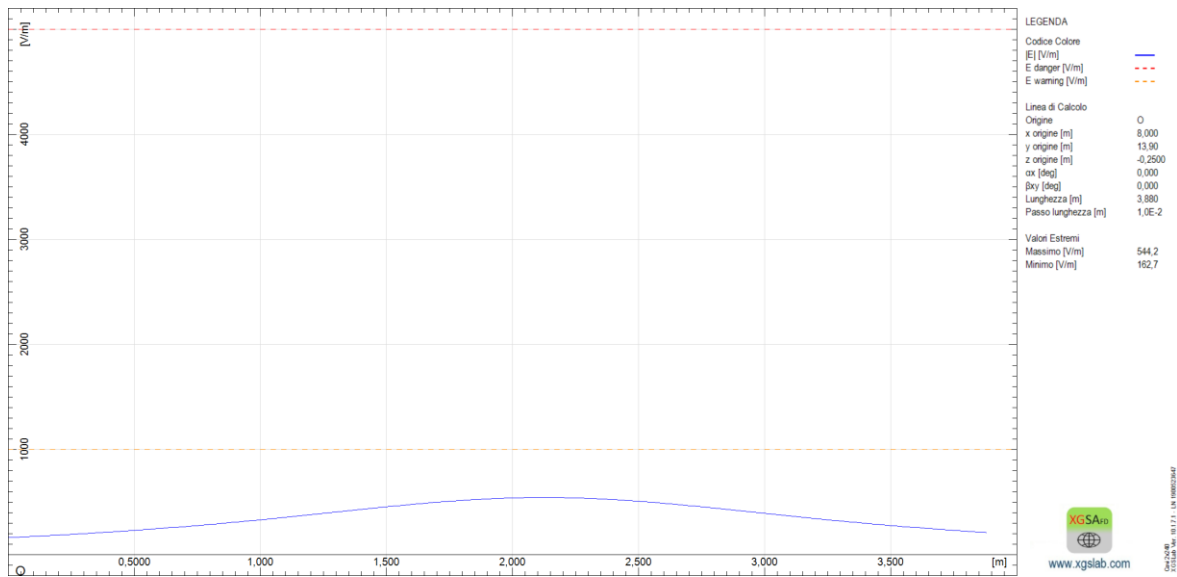
Sezione Scavo tipo cavidotto AT

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 150.000 V
- Portata massima del cavo: 1060 A
- Sezione cavo: 1600 mm²
- Profondità di posa 1,5 m
- Diametro conduttore 100 mm

Campo Elettrico cavo AT

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico a 0,25 m (caviglia corpo umano) da terra e ad 1,5 m da terra (altezza cuore di un individuo di media altezza) per una ipotetica sezione trasversale. Nei due casi si vede che il valore del campo elettrico è di gran lunga inferiore a 5 kV/m.



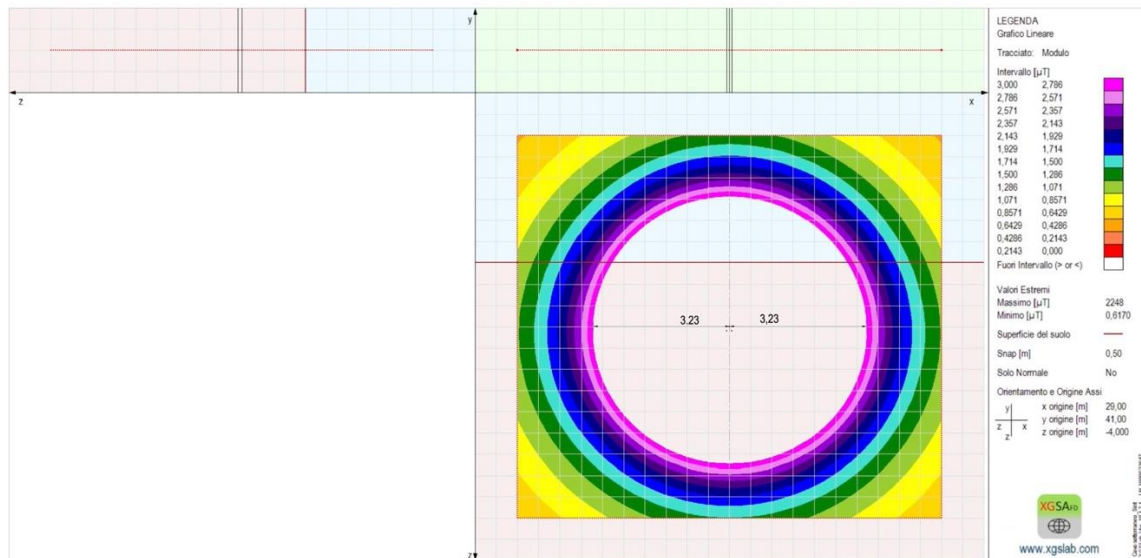
Profilo Campo Elettrico ad altezza 0,25 m



Profilo Campo Elettrico ad altezza 0,25 m

Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavo AT

Di seguito è riportata le sezioni di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



Calcolo Induzione Magnetica sulla sezione del cavo AT da 1600 mm²

Come si vede dai risultati di calcolo ottenuti in corrispondenza dell'asse della linea si avranno valori di induzione magnetica di poco superiore ai 3 µT ad un'altezza di 1,5 m dal piano campagna.

Alla luce di quanto esposto si ritiene di adottare una fascia di rispetto pari alla **DPA=3,5 m** asse linea. Per tutto il tracciato dell'elettrodotto di connessione AT, in tale fascia, non sono presenti luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, Come abitazioni, asili ecc.

5.5 Sottostazione di trasformazione AT/MT

Le stazioni ad alta tensione sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono – oltre che dall'intensità di corrente di esercizio – dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella stazione stessa.

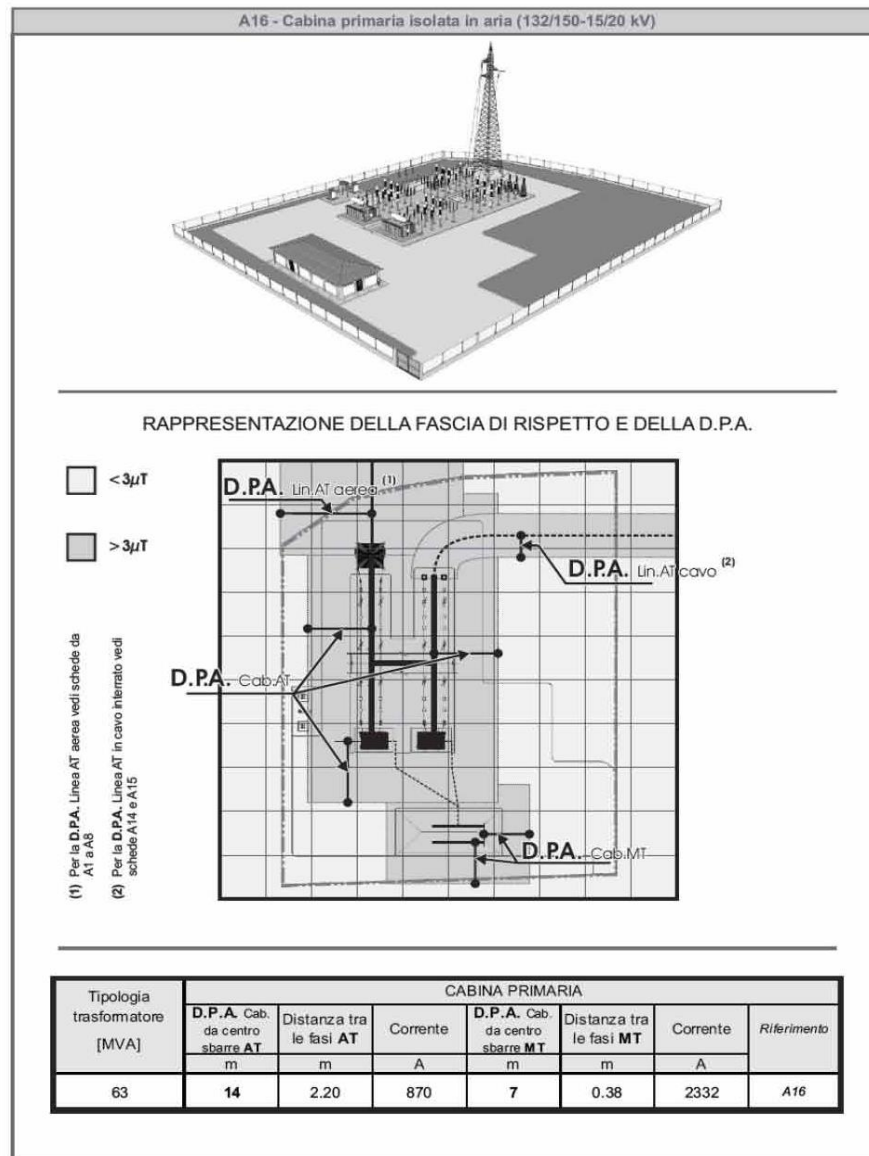
I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1.2-5.0 kV/m), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei trasformatori (6.0-15.0 µT)², valori che scendono in genere al disotto persino degli obiettivi di qualità in corrispondenza della recinzione della stazione.

Risultati estremamente confortanti sono stati ottenuti dall'ARPA Emilia Sezione di Bologna che ha monitorato una Cabina Primaria Enel nel centro urbano di Bologna³: i valori di induzione magnetica all'esterno della cabina lungo le recinzioni sono risultati essere inferiori a 3 µT, quelli di campo elettrico inferiore a 1 V/m.

² Inquinamento elettromagnetico; aspetti tecnici, sanitari e normativi”, Paolo Bevitori, Maggioli Editore, 1998

³ Misure di induzione magnetica e campo elettrico a bassa frequenza in prossimità della Cabina Primaria Giardini Margherita in Bologna – Report ottobre 2002

Sempre per una completezza di informazioni di seguito si riporta uno studio effettuato da Enel Distribuzione Spa in cui vengono individuate le DPA simulate ed elaborate con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4.

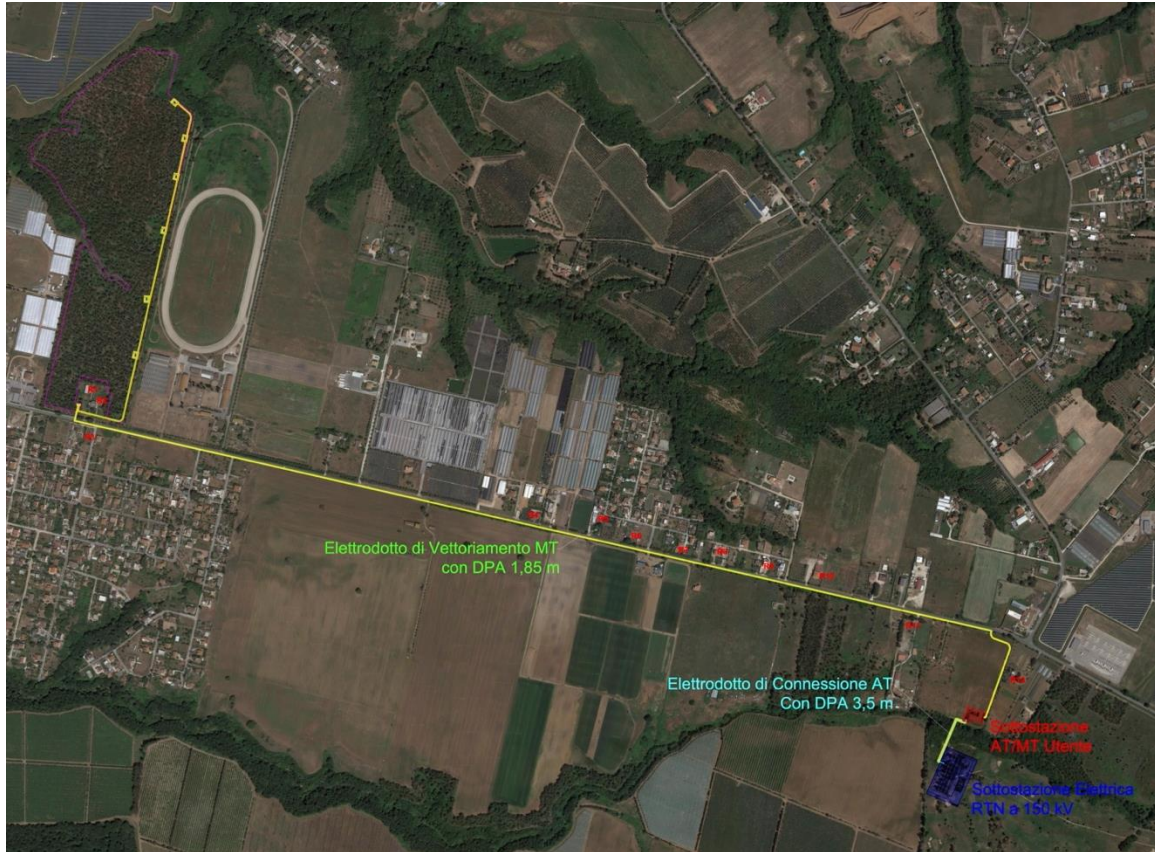


La stazione ad alta tensione, quindi, è caratterizzata da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.

5.6 Individuazione possibili ricettori

Nell'intorno dell'area di impianto, lungo il tracciato del cavidotto di vettoriamento MT, del cavidotto di connessione AT e nell'intorno della Sottostazione di Trasformazione utente AT/MT si sono rilevati possibili ricettori. I ricettori sensibili, su cui si è concentrato lo studio degli effetti dei campi magnetici, sono gli edifici o unità abitative regolarmente censite e stabilmente abitate, così come verificato nel corso dei sopralluoghi.

Di seguito si riporta un'indicazione su ortofoto dei ricettori sensibili con un identificativo numerico e della fascia di rispetto dagli elettrodotti e dalle cabine elettriche. Come si può vedere nessun fabbricato rientra nelle DPA calcolate.



Planimetria con fasce DPA e individuazione recettori

6 CONCLUSIONI

A seguito delle valutazioni preventive eseguite per ogni sezione della rete elettrica e riportate nei paragrafi precedenti, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- la disposizione dell'impianto, nonché il posizionamento dei relativi dispositivi elettrici di comando a bassa, media tensione (cabine elettriche) e Alta Tensione (Sottostazione di Trasformazione AT/MT) risultano posizionati a debita distanza da immobili sensibili, quali possibili abitazioni, come si vede dai recettori individuati; la valutazione riportata al paragrafo 5.3 conferma che l'induzione dovuta al trasformatore di trasformazione MT/BT e al quadro di bassa tensione, posti all'interno delle cabine dell'impianto, è al di sotto dei $3 \mu T$ già a 6 m di distanza. Nessuna abitazione si trova in tale fascia.
- lungo il percorso del nuovo cavidotto di vettoriamento MT e del cavidotto AT in nessun caso gli immobili si trovano all'interno delle fasce di rispetto calcolate (1,85 m asse dal tracciato cavidotto MT e 2,9 m asse per il tracciato cavidotto AT).

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il progetto dell'impianto agrovoltaiico con le relative opere di connessione, sia per l'ubicazione territoriale, sia per le sue caratteristiche costruttive, rispetterà i limiti imposti dalla L. 36/2001 e del DPCM 8 luglio 2003 in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici garantendo la salvaguardia della salute umana.
