



**REGIONE SARDEGNA**  
**COMUNE DI SANTU LUSSURGIU**  
 Provincia di Oristano



Titolo del Progetto

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "SANTU LUSSURGIU" DELLA POTENZA DI 24.014,76 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE 21.154 kW IN LOCALITÀ "SU MULLONE" NEL COMUNE DI SANTU LUSSURGIU (OR) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEI COMUNI DI SANTU LUSSURGIU (OR), BORORE (NU) E MACOMER (NU)

Identificativo Documento

**REL\_SP\_08\_IEMG**

ID Progetto	GBSM	Tipologia	R	Formato	A4	Disciplina	AMB
-------------	------	-----------	---	---------	----	------------	-----

Titolo

**RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

FILE: REL\_SP\_08\_IEMG.pdf

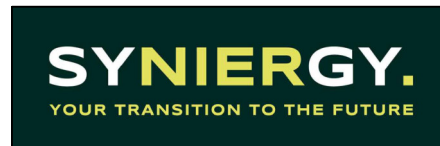
IL PROGETTISTA

Arch. Andrea Casula



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

SYNERGY srl  
 Blue Island Energy SaS



COMMITTENTE

DS ITALIA 16 SRL  
 Via del Plebiscito, 112  
 00186 Roma (RM)  
 P.iva 16658141003



Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Rev.	Gennaio 2024	Prima Emissione	SYNERGY SRL	SYNERGY SRL	DS ITALIA 16 SRL

PROCEDURA

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006

SYNERGY SRL  
 Via Clodoveo Bonazzi, 2  
 40013 Castel Maggiore (BO)

NOTA LEGALE: Il presente documento non può tassativamente essere diffuso o copiato su qualsiasi formato e tramite qualsiasi mezzo senza preventiva autorizzazione formale da parte di Synergy



# **COMUNE DI SANTU LUSSURGIU**

*PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO*

*AGRO-FOTOVOLTAICO*

*DENOMINATO "SANTU LUSSURGIU"*

*DELLA POTENZA DI **24 014.760 kW***

*IN LOCALITÀ "SU MULLONE" NEL COMUNE DI SANTU*

*LUSSURGIU*

## **RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

## **INDICE**

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>OBIECTIVI DELLA RELAZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>11</b>
<b>6.</b>	<b>SORGENTI DI CEM NEI SISTEMI ELETTRICI .....</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>SORGENTI DI CEM NEL PROGETTO.....</b>	<b>19</b>
<b>8.</b>	<b>PROBABILITA' DELL'IMPATTO .....</b>	<b>20</b>
<b>9.</b>	<b>ESTENZIONE DELL'IMPATTO .....</b>	<b>21</b>
<b>10.</b>	<b>REVERSIBILITA' DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>21</b>
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>21</b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione è relativa al progetto di realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico denominato “Santu Lussurgiu” di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza nominale di **24 014.760 kW nel territorio del Comune di Santu Lussurgiu (OR), in località “Su Mullone”** e delle relative opere connessione.

Il progetto ricade parte nella zona agricola del PUC del comune di Santu Lussurgiu, (superfici meglio identificate più avanti e negli elaborati di progetto), tenendo conto dei recenti indirizzi programmatici a livello nazionale in tema di energia, contenuti nella Strategia Energetica Nazionale (SEN) pubblicata a Novembre 2017, la Società ha ritenuto opportuno proporre un progetto innovativo che consenta di coniugare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile con l'attività di coltivazione agricola, perseguendo due obiettivi prioritari fissati dalla SEN, ovvero il contenimento del consumo di suolo e la tutela del paesaggio.

I principali concetti estrapolati dalla SEN che hanno ispirato la Società nella definizione del progetto dell'impianto, sono di seguito elencati:

- **...“Per i grandi impianti fotovoltaici, occorre regolamentare la possibilità di realizzare impianti a terra, oggi limitata quando collocati in aree agricole, armonizzandola con gli obiettivi di contenimento dell’uso del suolo”...**
- **...“Sulla base della legislazione attuale, gli impianti fotovoltaici, come peraltro gli altri impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili, possono essere ubicati anche in zone classificate agricole, salvaguardando però tradizioni agroalimentari locali, biodiversità, patrimonio culturale e paesaggio rurale”....**
- **...”Dato il rilievo del fotovoltaico per il raggiungimento degli obiettivi al 2030, e considerato che, in prospettiva, questa tecnologia ha il potenziale per una ancora più ampia diffusione, occorre individuare modalità di installazione coerenti con i parimenti rilevanti obiettivi di riduzione del consumo di suolo”...**
- **...”molte Regioni hanno in corso attività di censimento di terreni incolti e abbandonati, con l’obiettivo, tuttavia, di rilanciarne prioritariamente la valorizzazione agricola (...) Si intende in ogni caso avviare un dialogo con le Regioni per individuare strategie per l’utilizzo oculato del territorio, anche a fini energetici, facendo ricorso ai migliori strumenti di classificazione del territorio stesso (es. land capability classification). Potranno essere così circoscritti e regolati i casi in cui si potrà consentire l’utilizzo di terreni agricoli improduttivi a causa delle caratteristiche specifiche del suolo, ovvero individuare modalità. che consentano la realizzazione degli impianti senza precludere l’uso agricolo dei terreni (ad es: impianti rialzati da terra)” ...**

Pertanto, la Società, anche avvalendosi della consulenza di un dottore agronomo locale, ha sviluppato una soluzione progettuale che è perfettamente in linea con gli obiettivi sopra richiamati, e che consente di:

- ridurre l'occupazione di suolo, avendo previsto moduli ad alta potenza e strutture ad inseguimento monoassiale (inseguitore di rollio). La struttura ad inseguimento, diversamente delle tradizionali strutture fisse, permette di coltivare parte dell'area occupata dai moduli fotovoltaici;
- svolgere l'attività di coltivazione tra le interfile dei moduli fotovoltaici
- installare una fascia arborea perimetrale facilmente coltivabile con mezzi meccanici ed avente anche una funzione di mitigazione visiva;
- riqualificare pienamente le aree in cui insisterà l'impianto, sia perché le lavorazioni agricole saranno attuate permetteranno ai terreni di riacquisire le piene capacità produttive, sia perché saranno effettuati miglioramenti fondiari importanti (recinzioni, drenaggi, viabilità interna al fondo, sistemazioni idraulico-agrarie);
- ricavare una buona redditività sia dall'attività di produzione di energia che dall'attività di coltivazione agricola.

**In seguito all'inoltro da parte della società proponente a Terna ("il Gestore") di richiesta formale di connessione alla RTN per l'impianto sopra descritto, la Società ha ricevuto, la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), Codice Pratica: 202204121 – Comune di Santu Lussurgiu (OR) – Preventivo di connessione Richiesta di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per l'impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica) pari a 24,4 MW e potenza in Emissione pari a 21.154 MW.**

La soluzione tecnica prevede l'allacciamento alla RTN per il progetto della Società (CP **202204121**), come da Preventivo per la connessione ricevuto prevede che l'impianto in progetto venga collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius".

Il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

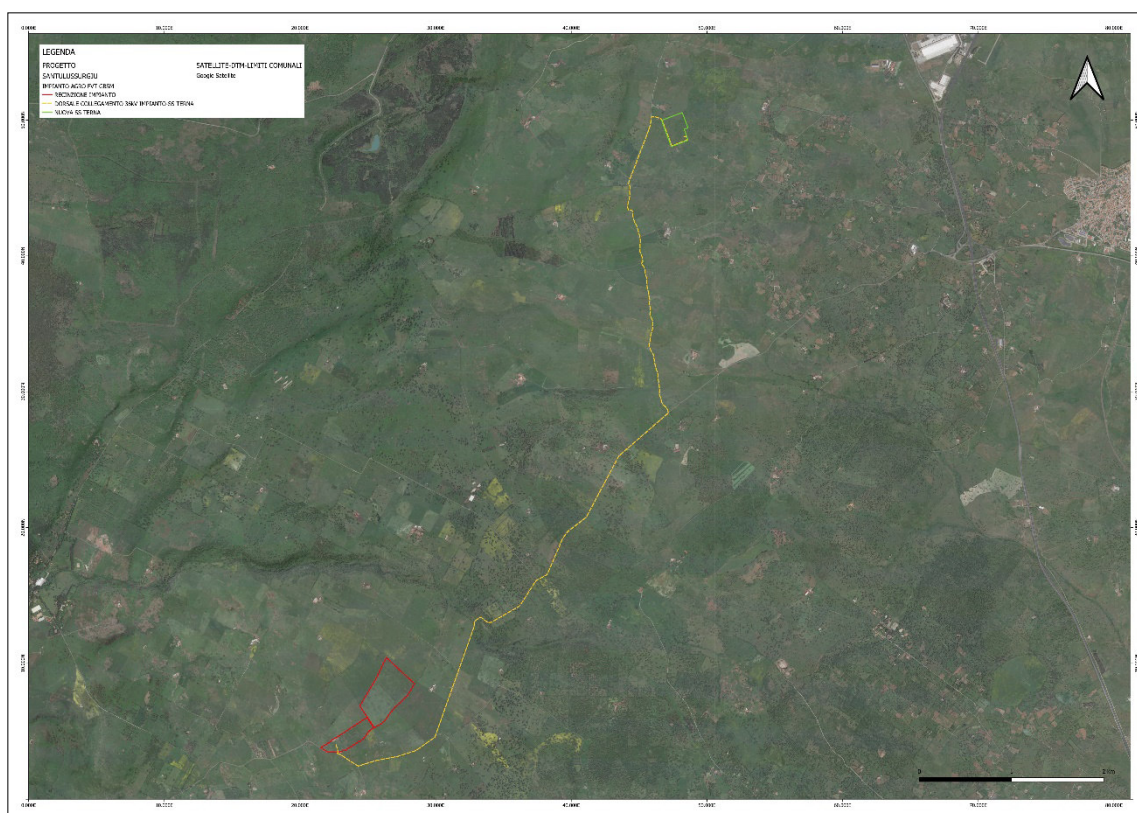
A seguito del ricevimento della STMG è stato possibile definire puntualmente le opere progettuali da realizzare, che si possono così sintetizzare:

- 1) Impianto ad inseguimento monoassiale, della potenza nominale complessiva installata di **24 014.760 kW** , ubicato in località "Su Mullone", nel Comune di Santu Lussurgiu (OR);
- 2) N. 1 dorsali di collegamento interrata, per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla futura stazione elettrica di trasformazione Terna.
- 3) L'impianto in progetto venga collegato in collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius".
- 4) I moduli saranno montati su strutture ad inseguimento solare (tracker), in configurazione mono filare, I Tracker saranno collegati in bassa tensione alle cabine inverter (trafo station) una per ogni blocco elettrico in cui è suddiviso lo schema dell'impianto, esse saranno collegate in media tensione alla cabina di concentrazione che a sua volta si collegherà mediante elettrodotto 36 kV alla sottostazione Terna.
- 5) L'intervento a seguito dell'emanazione del D.L. 77/2021, entrato in vigore il 31.05.2021, successivamente convertito, con modificazioni, in legge (L. n. 108 del 29.07.2021), ha introdotto delle modifiche al D.Lgs. n. 152/2006, tra cui, all'art. 31 (Semplificazione per gli impianti di accumulo e fotovoltaici e individuazione delle infrastrutture per il trasporto del G.N.L. in Sardegna), c. 6, la seguente: «All'Allegato II alla Parte seconda del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, al paragrafo 2), è aggiunto, in fine, il seguente punto: "- impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW."», che comporta un trasferimento al Ministero della transizione ecologica (M.A.S.E.) della competenza in materia di V.I.A. per gli impianti fotovoltaici con potenza complessiva superiore a 10 MW;
- 6) - il D.L. 92/2021, entrato in vigore il 23.06.2021, all'art. 7, c. 1, ha stabilito, tra l'altro, che «[...] L'articolo 31, comma 6, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, che trasferisce alla competenza statale i progetti relativi agli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW, di cui all'Allegato II alla Parte seconda, paragrafo 2), ultimo punto, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si applica alle istanze presentate a partire dal 31 luglio 2021»

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Viene di seguito esposta la caratterizzazione localizzativa - territoriale del sito sul quale è previsto l'impianto e la rispondenza dello stesso alle indicazioni urbanistiche comunali, provinciali e regionali. Da tali dati risulta evidente la bontà dei siti scelti e la compatibilità degli stessi con le opere a progetto, fermo restando l'obbligo di ripristino dello stato dei luoghi a seguito di dismissione dell'impianto.

L'area interessata dall'impianto agrosolare ricade interamente nel territorio del comune di Santu Lussurgiu provincia di Oristano, in località denominata **"Su Mullone"**.



**Figura 1: Inquadramento Impianto Agrofotovoltaico e linea connessione su ortofoto**

- L'Impianto Agrofotovoltaico **"Santu Lussurgiu"** è ubicato nel comune di Santu Lussurgiu, all'interno della **zona E (AGRICOLA)** collocato a Nord Est del centro abitato di Santu Lussurgiu.
- La Sotto Stazione Terna è ubicata ne comune di Macomer, più precisamente **all'interno** della **zona E (AGRICOLA)**, collocato a Sud ovest del Centro abitato di Macomer, e alla distanza di circa 6 Km dall'area industriale di Tossilo.



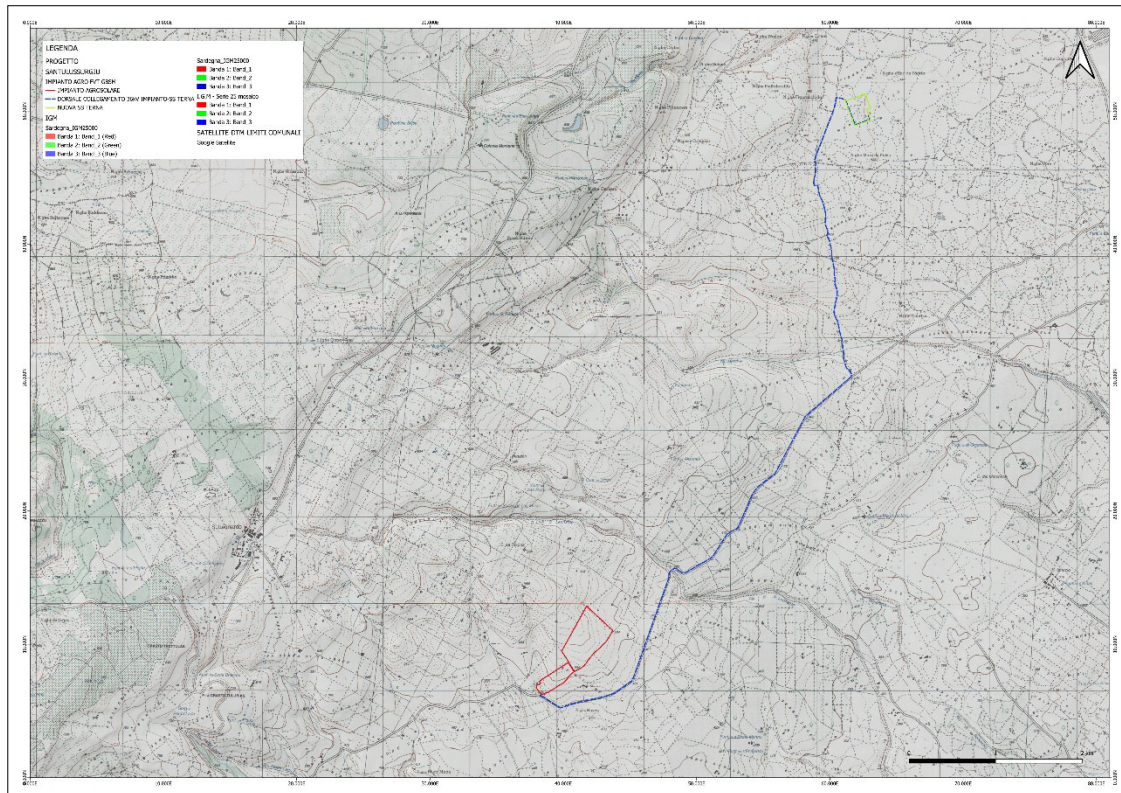


Figura 2: Inquadramento generale su Carta IGM

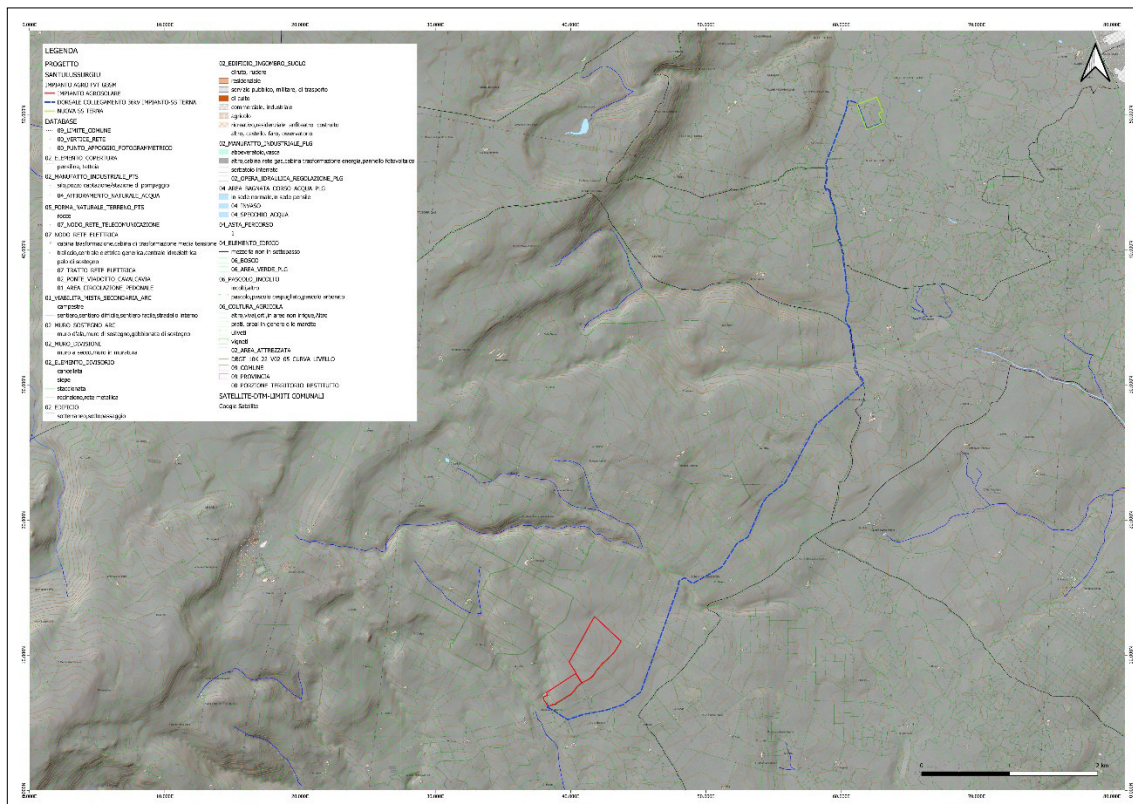


Figura 3: Inquadramento CTR Impianto Agrofotovoltaico e connessione



- Nella Cartografia IGM ricade nel Foglio 498 SEZ. III Macomer e al Foglio 515 sezione IV Abbasanta.
- Nella Cartografia CTR ricade nel Foglio 515010 Casa sa Codina e nel foglio 498130 Ponte Sant'Antonio, in scala 1:10000

### **3. OBIETTIVI DELLA RELAZIONE**

I campi elettrici e quelli magnetici sono grandezze fisiche differenti, che però interagiscono tra loro e dipendono l'uno dall'altro al punto di essere considerati manifestazioni duali di un unico fenomeno fisico: il campo elettromagnetico.

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica, la cui unità di misura è l'Ampère[A/m].

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica, la cui unità di misura è il Volt [V/m].

Il campo magnetico è difficilmente schermabile e diminuisce soltanto allontanandosi dalla linea che lo emette. Il campo elettrico è invece facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici. Questi campi si concatenano tra loro per determinare nello spazio la propagazione di un campo chiamato elettromagnetico (CEM). Le caratteristiche fondamentali che distinguono i campi elettromagnetici e ne determina le proprietà sono la frequenza [Hz] e la lunghezza d'onda [m], che esprimono tra l'altro il contenuto energetico del campo stesso. Col termine inquinamento elettromagnetico si riferisce alle interazioni fra le radiazioni non ionizzanti (NIR) e la materia. I campi NIR a bassa frequenza sono generati dalle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica ad alta, media e bassa tensione, e dagli elettrodomestici e i dispositivi elettrici in genere.

Con riferimento specifico alle linee di vettoriamento dell'energia elettrica dai produttori agli utilizzatori, si possono distinguere diversi tipi di elettrodotto, in base alla tensione di alimentazione:

a) Linee elettriche di trasporto ad altissima tensione (380 kV): collegano le centrali di produzione alle stazioni primarie dove la tensione viene abbassata dal valore di trasporto a quello delle reti di distribuzione (ambito superregionale);

b) Linee elettriche di distribuzione o linee di subtrasmissione ad alta tensione (132 kV e 220 kV): partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui originano le linee di distribuzione media tensione;

c) Linee elettriche di distribuzione a media tensione (15 kV): partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali e talvolta utenti particolari;

d) Linee elettriche di distribuzione a bassa tensione (220 – 380 V): partono dalle cabine secondarie e alimentano gli utenti della zona.

Per i campi a bassa frequenza (elettrodotti, apparecchi elettrici) si misura l'intensità del campo elettrico [V/m] e l'induzione magnetica([T], ma generalmente in millesimi di Tesla, mT, e milionesimi di Tesla,  $\mu$ T). La crescente domanda di energia elettrica e di comunicazioni ha prodotto negli ultimi anni un aumento considerevole del numero di linee elettriche e di stazioni radio base per la telefonia cellulare. Ciò ha comportato un aumento dei CEM nell'ambiente in cui viviamo e quindi dell'esposizione della popolazione alle radiazioni elettromagnetiche.

#### **4.   NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

L'art. 3 del DPCM del 8 luglio 2003, decreto attuativo della legge quadro 36/2001, stabilisce i limiti di esposizione e i valori di attenzione per campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti per la trasmissione di energia elettrica a50Hz. L'articolo dispone che, nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 V/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci. In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

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

In Italia la normativa in materia di inquinamento elettromagnetico, e nello specifico campo delle radiazioni non ionizzanti quali gli ELF, è molto frammentaria. È stata approvata in Parlamento la L. n. 36 del 22/02/01, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici,

magnetici ed elettromagnetici". La L. 36/01 ricorre a differenti strumenti di prevenzione e controllo, intervenendo sulle sorgenti dei campi elettromagnetici, con lo scopo di ridurre ai livelli più restrittivi le loro produzioni e quindi diminuendo l'esposizione della popolazione. Oggetto della normativa sono infatti gli impianti e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. L'aspetto innovativo della legge quadro italiana riguarda l'introduzione dei "valori di attenzione" così da considerare anche gli effetti di lungo e medio termine sulla popolazione; nella L. 36/01 sono, infatti, definiti:

- Limite di esposizione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico (considerato come valore di immissione), da considerarsi come limiti inderogabili a tutela della salute umana da effetti acuti di esposizione;
- Valore di attenzione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico definiti a fine cautelativo per la protezione della popolazione da effetti cronici dei campi elettromagnetici nel caso di abitazioni, scuole e permanenze prolungate;
- Obiettivi di qualità: volti a prefigurare i progressivi e gradualmente miglioramenti della qualità ambientale, in una prospettiva temporale di durata. Si suddividono in:

- criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni ed incentivi per l'utilizzo delle BAT;

- valori di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico, definiti dallo Stato, per il raggiungimento di una progressiva minimizzazione dell'esposizione a tali campi.

È chiaro quindi che i valori di attenzione (come, per esempio, i 6 V/m del Decreto Ministeriale sulle radiofrequenze) e gli obiettivi di qualità (come il valore di 0,2  $\mu$ T della Legge della Regione Veneto sugli elettrodotti) non devono essere considerati come soglie di sicurezza, ma come riferimenti operativi per il conseguimento di obiettivi di tutela da possibili effetti di lungo periodo nell'applicazione del "principio cautelativo". Non essendoci ancora i decreti applicativi della legge quadro L. 36/01, ci si riferisce, per le basse e bassissime frequenze, al D.P.C.M. 23/04/92 e al D.P.C.M. 28/09/95. Il D.P.C.M. 23/04/92 in materia di "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", è limitato alla tutela dell'esposizione della popolazione e presenta limiti d'esposizione per la protezione degli effetti accertati a breve

termine. Il Decreto prevede inoltre le distanze di sicurezza dagli elettrodotti per garantire il rispetto di limiti di esposizione.

Caratteristiche dell'esposizione	Intensità del campo elettrico [kV/m]	Induzione magnetica [mT]	Distanze di rispetto
Aree in cui l'esposizione è ridotta a poche ore giornaliere	10	1	Linee a 132 kV $\geq$ 10 m Linee a 220 kV $\geq$ 18 m Linee a 380 kV $\geq$ 28 m
Aree in cui si trascorre una parte significativa della giornata	5	0,1	

Valori di induzione magnetica e distanze di rispetto

Il D.P.C.M 28/09/95 in materia di "Norme tecniche procedurali di attuazione del D.P.C.M. 23/04/92 limitatamente agli elettrodotti", limita, in una prima fase, le azioni di risanamento al rispetto dei limiti di esposizione e fissa il termine per il completamento delle azioni di risanamento al 31/12/04.

I riferimenti adottati sono quelli del D.P.C.M. 23/04/92 per i valori di induzione magnetica e delle distanze di rispetto dagli elettrodotti.

Normativa	Limiti previsti	Campo B ( $\mu$ T)	Campo E (kV/m)
DPCM 08/07/2003	Limite di esposizione	100	5
	Valore di attenzione (24 ore di esposizione)	10	-
	Obiettivo di qualità (progettazione nuovi elettrodotti)	3	-
DPCM 23/04/1992	Limite esposizione intera giornata	100	5
	Limite esposizione per poche ore	1000	10
1999/512/CE	Livelli di riferimento	100	5

Norme tecniche procedurali di attuazione

## 5. CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO

- Valore minimo temperatura ambiente all'interno: -5°C
- Valore minimo temperatura ambiente all'esterno: -25°C



- Temperatura ambiente di riferimento per la portata delle condutture: 30°C
- Altitudine e pressione dell'aria: poiché l'altitudine è inferiore ai 1000 m s.l.m. non si considerano variazioni della pressione dell'aria
- Umidità all'interno: 95%
- Umidità all'esterno: fino al 100% per periodi limitati.

## 6. SORGENTI DI CEM NEI SISTEMI ELETTRICI

I sistemi elettrici di potenza (costituiti da centrali, stazioni e linee elettriche) costituiscono particolari sorgenti di campi elettromagnetici che in dipendenza della loro frequenza di funzionamento (50 Hz) vengono definiti come sorgenti ELF (Extremely Low Frequency).

I sistemi di potenza sono costituiti da sottosistemi a differenti tensioni di esercizio:

- altissima tensione AAT (da 220 kV a 380 kV);
- alta tensione AT (da 30 kV a 150 kV);
- media tensione MT (da 1 kV a 30 kV);
- bassa tensione BT (400 V).

Attualmente, il sistema elettrico nazionale è gestito per la maggioranza dall'ENEL e, per una porzione inferiore, dalle Aziende Elettriche Municipalizzate e dalle Ferrovie dello Stato.

Nelle tabelle 1.1 e 1.2 vengono riportati i valori indicativi dei campi elettrico e magnetico esistenti al di sotto degli elettrodotti. In tabella 2.3 è riportata la lunghezza, suddivisa per regione, delle tipologie di linee elettriche ad AAT e AT, appartenenti all'ENEL, in cui, per ciascuna tipologia di linea considerata, viene mostrata anche la lunghezza in rapporto alla superficie regionale.

Nella tabella 2.4 è illustrata la consistenza del sistema elettrico nazionale.

Tensione della linea elettrica (kv)	Campo elettrico al suolo in (V/m) (valori massimi)
380	5000 - 6000
220	2000 - 2500
130 - 150	1000 - 1500
15	100 - 300

Campo elettrico sotto le linee aree AT e MT (ad 1 m dal suolo a metà tracciato)

Tensione della linea elettrica (kv)	Induzione Magnetica ( $\mu$ T) (valori massimi)
380 (1500 A)	16 - 21
220 (550 A)	7
130 (300 A)	5
15 (150 A)	0,3

Campo magnetico sotto le linee aree AT e MT (ad 1 m dal suolo a metà tracciato)

Regione	L	L	L	L/S (1)	L/S (1)	L/S (1)
	380 kV (km)	220 kV (km)	30-150 kV (km)	380 kV (km <sup>2</sup> )	220 kV (km <sup>2</sup> )	30-150 kV (km <sup>2</sup> )
Abruzzo	232	319	1064	2	3	10
Basilicata	189	140	875	2	1	9
Calabria	399	142	1852	3	1	13
Campania	572	674	1800	4	5	14
Emilia R.	936	395	2446	4	2	11
Friuli V.G.	165	255	962	2	3	12
Lazio	1334	338	2187	8	2	13
Liguria	192	413	815	4	8	15
Lombardia	1233	795	4829	5	3	20
Marche	216	175	1214	2	2	13
Molise	44	28	397	1	1	9
Trentino A.A.	0	788	816	0	6	6
Piemonte	827	1042	3292	3	4	13
Puglia	1004	124	2195	5	1	11
Sardegna	301	1227	2206	1	5	9
Sicilia	248	1538	3106	1	6	12
Toscana	1074	624	2703	5	3	12
Umbria	71	166	887	1	2	10
V. D'Aosta	130	238	229	4	7	7
Veneto	600	866	3357	3	5	19
<b>Totale</b>	<b>9767</b>	<b>10337</b>	<b>37232</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>13</b>

Lunghezza delle linee normalizzate alla superficie regionale (km di linea per 100 km<sup>2</sup> di territorio)

lunghezza (L) delle linee elettriche ENEL diversificate per tensione e per regione in valore assoluto e normalizzata alla superficie (S) regionale (comunicazione ENEL del 1999)

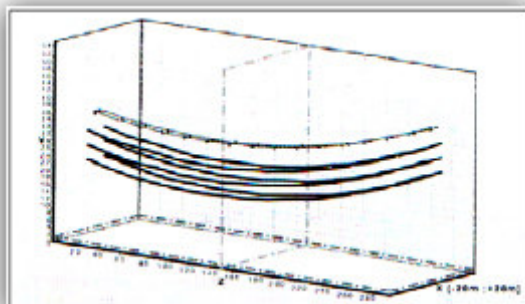
	ENEL	Aziende Municipalizzate	FS	Funzione	Tracciati
Tipologia	Linee AAT	Linee AAT	Linee AAT	Sono dedicate al trasporto e sono l'ossatura del sistema elettrico nazionale: collegano gli impianti di produzione.  Interessano di norma ambiti super regionali	Non interessano in pratica le aree urbanizzate
Tensione	(220/380 kV)	(220 kV)	(220 kV)		
Lunghezza	20.600 km	2.075 km	11 km		
Tipologia	Linee AT	Linee AT	Linee AT	Partono dalle 299 stazioni elettriche ed alimentano le cabine primarie o clienti particolari: rispondono ad esigenze di sviluppo del servizio su scala regionale	Interessano solo marginalmente le aree urbanizzate
Tensione	(132/150 kV)	(120/150 kV)	(132/150 kV)		
Lunghezza	36.500 km	1.985 km	6.177 km		
Tipologia	Linee MT	Linee MT	Linee MT	Partono dalle 1.774 cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie o clienti particolari	Interessano spesso le aree urbanizzate
Tensione	(15/20kV)				
Lunghezza	322.000 km	28.200 km	5.000 km		
Tipologia	Linee BT	Linee BT		Partono dalle 394.000 cabine secondarie ed alimentano i singoli clienti	Interessano le aree urbanizzate
Tensione	(380 kV)				
Lunghezza	685.000 km	126.000 km			

Consistenza del sistema elettrico nazionale

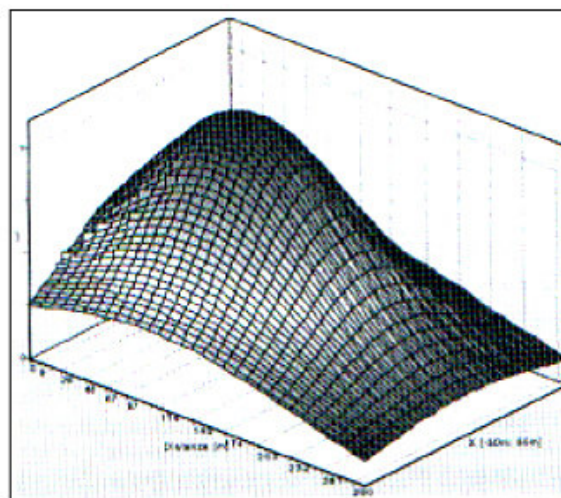
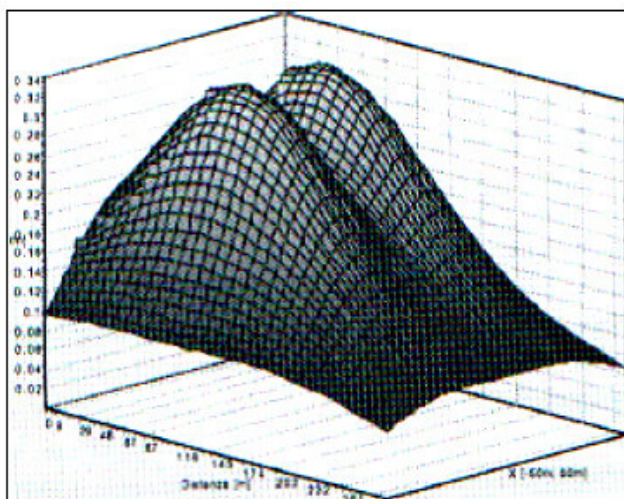
Quasi la totalità della distribuzione di energia in Italia è ottenuta con linee aeree. Pur non conoscendo i reali rischi associati alla presenza di campi elettromagnetici a frequenza industriale, si cerca di trovare modelli per valutare i campi generati dai diversi elettrodotti, ed i possibili rimedi per abbassare questi livelli di campo.

L'approssimazione quasi-statica permette di analizzare i due campi, elettrico e magnetico, in modo separato. Il campo elettrico prodotto da un sistema polifase di conduttori posti entro uno spazio imperturbato, è esprimibile con un vettore di intensità e che ruota in un piano trasversale rispetto ai conduttori descrivendo un'ellisse. Esso è sempre presente appena la linea si mette in tensione indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza. Il campo magnetico  $H$  è un vettore ortogonale al campo elettrico, ed è associato alla corrente (quindi alla potenza) trasportata. Nel caso di un sistema polifase in corrente alternata, il vettore campo magnetico nasce dalla composizione dei contributi di tutte le correnti circolanti nei conduttori e, come per il campo elettrico, ruota su un piano trasversale descrivendo un'ellisse.

La figura seguente mostra una tipica campata (con pali di estremità a dislivello) di una linea 132 kV, 300 A a doppia terna:

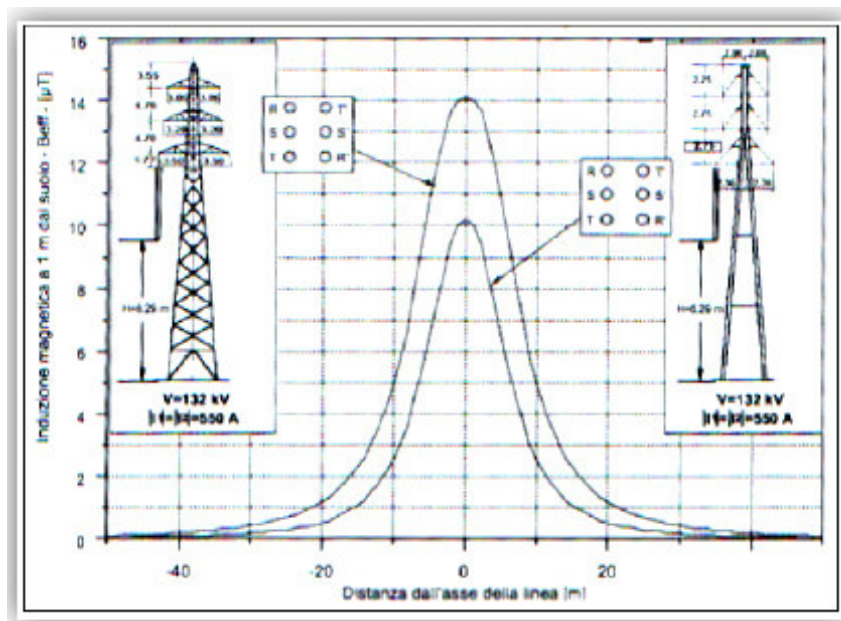


Le figure successive mostrano la distribuzione spaziale del campo elettrico (a sinistra) e dell'induzione magnetica (a destra) sotto una linea di distribuzione dell'energia elettrica:



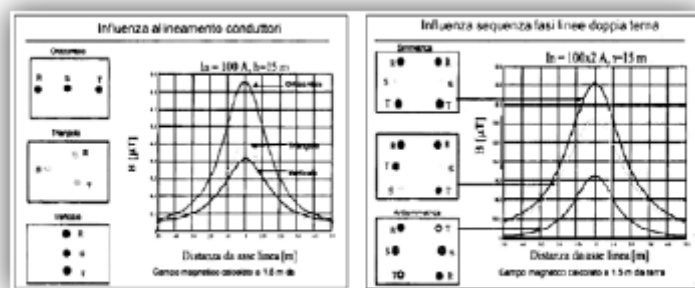
Considerando i valori ad una altezza di 1,5 m dal suolo, e sotto al punto più basso della campata che dista dal suolo circa 18 m, il campo elettrico mostra due massimi pari a circa 0,28 kV/m, mentre l'induzione magnetica ha un solo massimo, pari a circa 1µT. Esistono opportuni accorgimenti tecnici per ridurre tali valori. Come mostra la figura seguente, con un supporto a "V" si riesce ad avvicinare una doppia terna unificata a 132 Kv ottenendo una linea compatta, con una riduzione da 14 µT a 10 µT proprio sotto la linea.





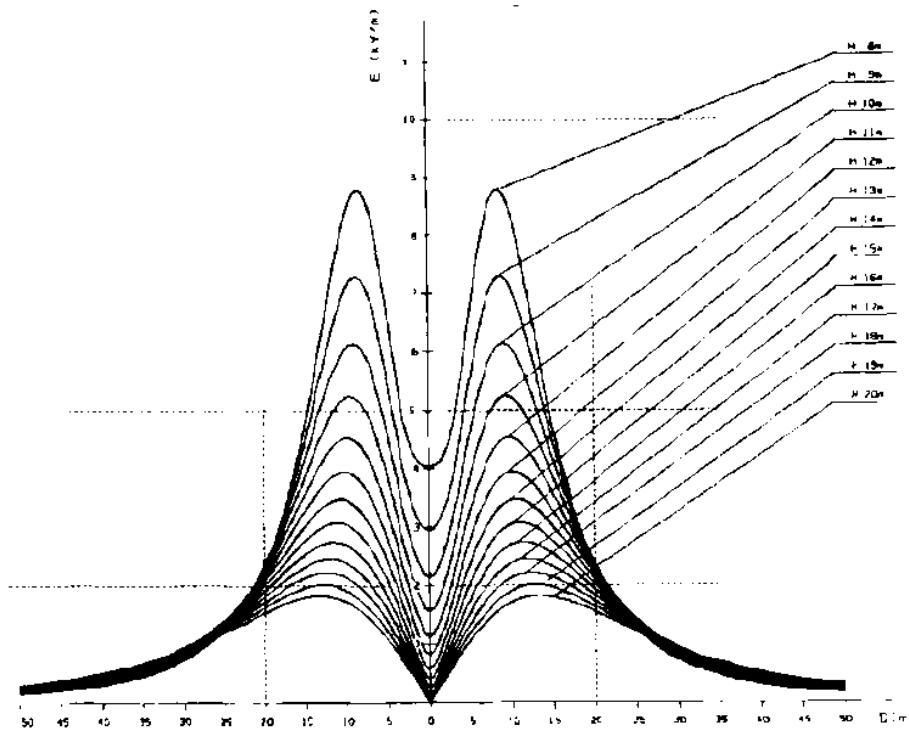
Dalle due figure seguenti si nota come anche l'allineamento dei conduttori, da orizzontale a verticale, riesca a ridurre l'induzione di campo da 0,85  $\mu\text{T}$  a 0,42  $\mu\text{T}$ .

Cambiando la disposizione delle fasi dalla situazione simmetrica a quella antisimmetrica si ottiene una riduzione da 0,8 $\mu\text{T}$  a 0,32  $\mu\text{T}$ .

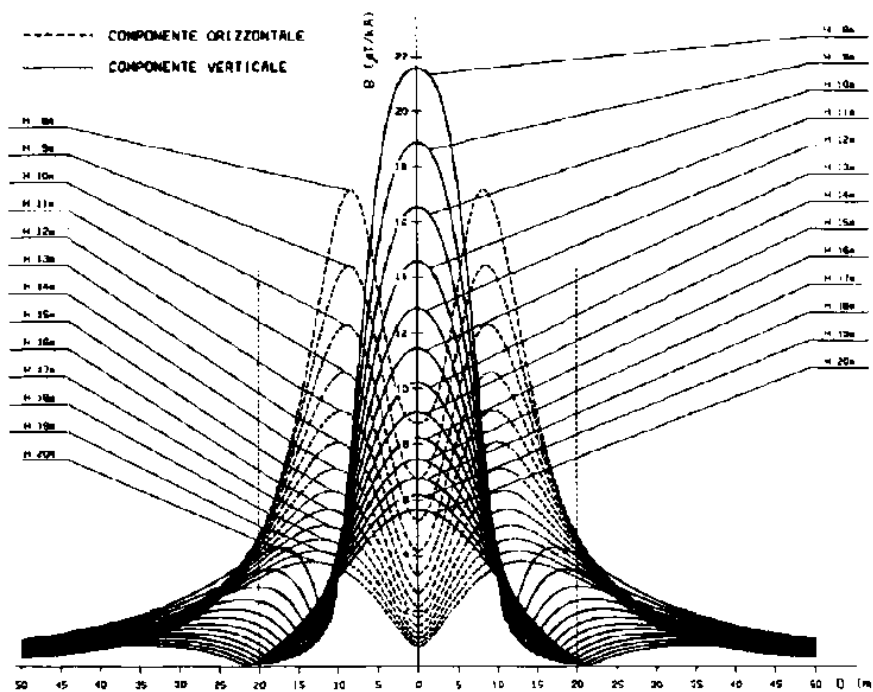


L'utilizzo di terne multiple è una soluzione che si ottiene dallo sdoppiamento dei conduttori, ottenendo da una singola terna due terne antisimmetriche, con una riduzione fino al 90% dell'induzione magnetica. Nelle figure successive sono riportati gli andamenti dei campi elettrico e magnetico al suolo in funzione della distanza dall'asse di una linea elettrica aerea ad alta tensione.

I valori sono rapidamente decrescenti all'aumentare della distanza dall'asse linea; sono inoltre decrescenti in senso longitudinale (lungo la linea) dal punto più basso della catenaria.



UNIFICAZIONE  
**ENEL**  
 LINEE A 300 kV SEMIPLICE TERNA AD T<sup>™</sup>  
 CONDUTTORE TRINATO Ø 31,6  
 CAMPO ELETTRICO AL SUOLO  
 Gruppo 1594  
**LC 920**  
 Ed. 2 / 1/1



UNIFICAZIONE  
**ENEL**  
 LINEE A 300 kV SEMIPLICE TERNA AD T<sup>™</sup>  
 CONDUTTORE TRINATO Ø 31,6  
 INDIZIONE MAGNETICA AL SUOLO  
 Gruppo 1594  
**LC 921**  
 Ed. 2 / 1/1

In normali condizioni atmosferiche, il campo elettrico tra la superficie terrestre e la ionosfera è di 200 V/m. Nel corso di un temporale, ad esempio, tale valore cresce di molto, fino a raggiungere anche i 20000 V/m. Campi di intensità simile a quella riconducibile ad un temporale possono essere riconducibili alla carica elettrostatica dei pavimenti, sempre tenendo presente che l'intensità di tali campi decresce rapidamente con la distanza. Il campo elettrico misurato direttamente su una linea di alta tensione può arrivare fino a 6000 V/m, mentre allontanandosi di 50 m dai conduttori si assesta nel range 200 – 500 V/m. In prossimità di apparecchi elettrici (fino ad una distanza di 30 cm circa) i valori dei campi che si generano raggiungono circa 200 V/m. Il valore dell'inquinamento

derivato agli impianti elettrici di una civile abitazione tipo, a causa principalmente delle linee elettriche che passano all'interno delle pareti, è normalmente compreso fra 5 e 40 V/m.

Il campo magnetico della terra è compreso fra 30 e 60  $\mu\text{T}$ . Una semplice calamita ha un campo magnetico di 4500  $\mu\text{T}$  (4.5 T); il magnete di un comune altoparlante presenta valori di circa 100000  $\mu\text{T}$  (100 T). Come per il campo elettrico, i valori sopra riportati sono significativi per distanza dalla sorgente di circa 1 cm. Aumentando la distanza a pochi centimetri, il campo magnetico non risulta più rilevabile dalla strumentazione. I campi magnetici vengono generati anche da apparecchi elettrici e da impianti tecnici. All'interno di una metropolitana il campo è di circa 80  $\mu\text{T}$ . In caso di esposizione a una linea di alta tensione, il campo magnetico assume valori di 16  $\mu\text{T}$ , mentre a 50 m di distanza dall'asse dei conduttori scende fino a 3  $\mu\text{T}$ . A una distanza massima di 30 cm da apparecchi elettrici e linee di corrente vi sono circa 40  $\mu\text{T}$ . Il normale inquinamento connesso ad un impianto domestico è compreso fra 0.05 e 0.1  $\mu\text{T}$ .

I fattori che influenzano il campo magnetico, prodotto da un cavo interrato, sono: distanza tra le fasi, profondità di posa, geometria di posa e le correnti indotte dal campo magnetico stesso nelle guaine metalliche. Sostanzialmente ci sono tre modi diversi per posare un cavo interrato;

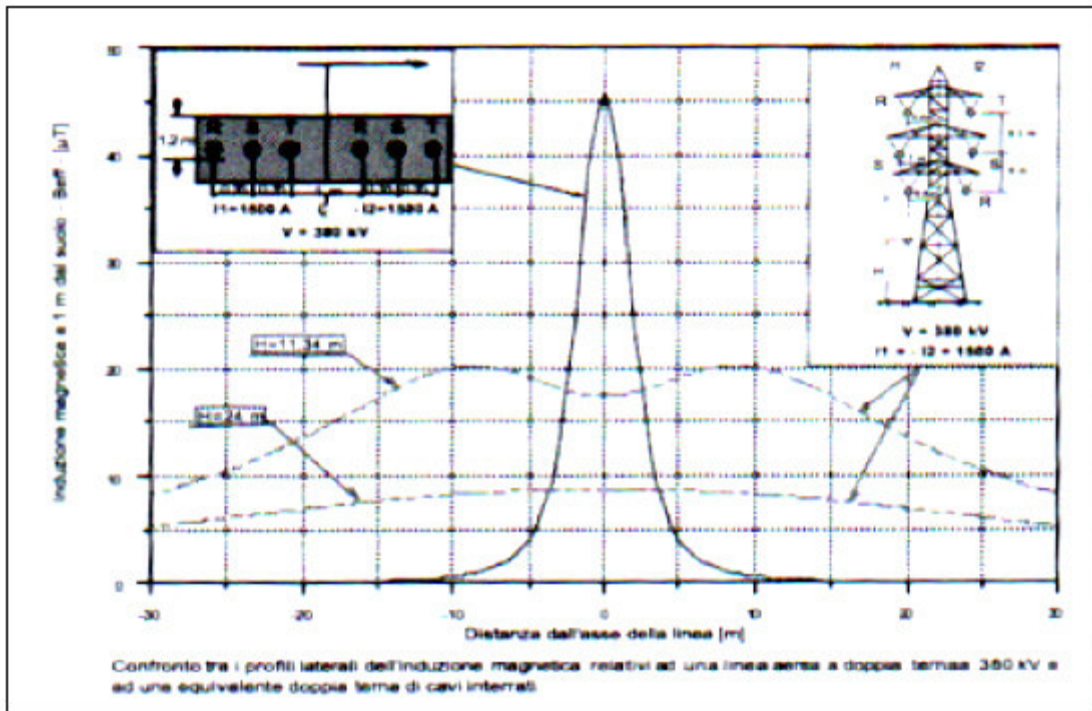
- posa piana: i tre cavi sono disposti in una linea orizzontale;
- a trifoglio: sono disposti uno vicino all'altro a 120°;
- a separazione di fasi: con l'ausilio di cinque cavi, la terra al centro e gli altri quattro messi in modo che ogni coppia di fasi abbia nel mezzo il cavo di terra.

Oltre alla disposizione si può introdurre anche uno schermo più o meno aperto che abbassa ulteriormente il campo magnetico in superficie.

Quello che però risulta più interessante è il confronto tra una linea aerea e una in cavo.

Come si vede nella figura successiva, vengono confrontate due linee a doppia terna a 380 kV, una aerea (con il cavo più basso distante dal suolo 11,34 m) ed una interrata (con una profondità di posa pari a 1,2 m).

Entro i 3 m la linea interrata presenta un'induzione di 45  $\mu\text{T}$ , maggiore di quasi 20  $\mu\text{T}$  rispetto a quella aerea. Superati i 10 m, la linea interrata presenta un'induzione magnetica di circa 1  $\mu\text{T}$  rispetto ai quasi 20  $\mu\text{T}$  di quella aerea. Entro i 3 m la linea interrata presenta un'induzione di 45  $\mu\text{T}$ , maggiore di quasi 20  $\mu\text{T}$  rispetto a quella aerea. Superati i 10 m, la linea interrata presenta un'induzione magnetica di circa 1  $\mu\text{T}$  rispetto ai quasi 20  $\mu\text{T}$  di quella aerea.



## 7. SORGENTI DI CEM NEL PROGETTO

Il progetto proposto consta nella realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica tramite lo sfruttamento del sole; l'impianto è costituito dai seguenti elementi principali che, avendo parti in tensione, possono dar luogo all'emissione di onde elettromagnetiche:

- Cavidotti interrati per il collegamento delle cabine di macchina alla cabina di impianto (cavi a 15 kV);
- Cavidotti interrati per il collegamento della cabina di impianto con la cabina di consegna (cavi a 15 kV).
- Cabina di impianto: Alla cabina di impianto, realizzata in prefabbricato in cemento armato, vengono convogliati tutti i cavi provenienti dal parallelo delle stringhe. La cabina di impianto è poi collegata alla cabina di consegna tramite cavidotto interrato.



- Cabine di campo e di consegna: nelle cabine la tensione viene innalzata fino a 15 kV. La cabina di impianto ospita il modulo MT con le celle MT (ricezione linea, interfaccia e contatori) ed il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina, nonché il sistema computerizzato di gestione dell'impianto.
- Le cabine ad alta tensione (cabina di impianto) 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 cabina stessa.

## **8. PROBABILITA' DELL'IMPATTO**

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 $\mu$ T). Le cabine ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti. Cavi interrati: La rete di connessione tra le varie apparecchiature dell'impianto è interamente interrata e consta in: cavi in MT per la connessione delle cabine di campo e alla cabina di consegna. Le linee interrate sono costituite da terne trifase con varie geometrie, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo; ciò consente di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno. Il valore massimo di campo elettrico e di induzione magnetica rilevati sotto la linea aerea a 15 kV, ad un metro dal suolo, a metà tracciato, sono rispettivamente di 0,3 kV/m e 0,3  $\mu$ T. Alla cabina di connessione e consegna convergono al più 3 terne da 15 kV, il valore del campo elettrico ad un metro di distanza, nel caso di linee aeree è  $E/\sqrt{6}$  ovvero 0,73 kV/m, e l'induzione magnetica 0,73  $\mu$ T. Va inoltre considerato che i cavi sono interrati ed i punti sensibili hanno distanza nettamente superiore ad un metro, questo valore dunque si ridurrà ulteriormente. In base alle informazioni attualmente disponibili, possono comunque essere delineate le considerazioni che seguono, valide anche per la presenza di campi elettromagnetici dovuti ad elettrodotti aerei da 150 kV. La probabilità dell'impatto è da considerarsi del tutto trascurabile. Le frequenze elettromagnetiche sono estremamente basse (50-300 Hz) e quindi, di per sé, assolutamente innocue. Inoltre, l'intensità di tutti i campi elettromagnetici decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza dalla sorgente.

## **9. ESTENZIONE DELL'IMPATTO**

Lo studio dell'impatto elettromagnetico di tali impianti permette di evitare che, le già basse emissioni, possano in qualche modo interferire con le attività umane. Molta attenzione è, quindi, riservata al rispetto dei limiti di legge, sia per quanto riguarda l'influenza elettromagnetica dell'impianto, sia per le linee elettriche a corredo. Gli eventuali limiti spaziali dell'impatto sono confinati ad un'area molto ristretta intorno alla cabina di connessione.

## **10. REVERSIBILITA' DELL'IMPIANTO**

Il limite temporale dell'eventuale impatto è dato dalla vita utile dell'impianto, pari a 30 anni. L'impatto è del tutto reversibile.

## **11. CONCLUSIONI**

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite da campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n° 36 del 22/02/2001 e dal DPCM 8 Luglio 2003 "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 di 50 Hz degli elettrodotti.

In generale per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa). Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di ricettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo magnetico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione. Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati mediante l'uso di cavi elicordati, si può che l'ampiezza della semi fascia di rispetto sia pari a 1 m., a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza di semi fascia di rispetto pari a ml. 4,00 e , sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM del 08 Luglio 2003 e al DM del MATTM del 29/05/2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 1259 kVA), già a circa 4 ml. (DPA) della cabina stessa.

Per quanto riguarda la cabina di impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obbiettivo di qualità si raggiunge a 2 (DPA) dalla cabina stessa. Considerando comunque che nelle cabine di trasformazione e nelle cabine d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.