

REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI  
BARLETTA-ANDRIA-TRANI



COMUNE DI MINERVINO



Denominazione impianto:

**SCAPANIZZA**

Ubicazione:

**Comune di Minervino (BT)  
Località "Scapanizza"**

Foglio: 47 / 44

Particelle: varie

**PROGETTO DEFINITIVO**

**DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RTN DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 87.782,8 kWDC E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 76.429,92 kWAC, DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN RICADENTI NEI COMUNI DI MINERVINO (BT), VENOSA E MONTEMILONE (PZ) E PIANO AGRONOMO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA.**

PROPONENTE



SOLAR ENERGY VENTUNO S.r.l

**SOLAR ENERGY VENTUNO S.R.L.**

Via Sebastian Altmann, 9

39100 Bolzano (BZ)

P.IVA: 03084730211

PEC: solareenergyventuno.srl@legalmail.it

**Codice Autorizzazione Unica 1YK0OC8**

ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA  
SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

Tav. n°

**11DS**

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
		Rev 0	Marzo 2021	Richiesta Provvedimento Autorizzativo Unico Regionale (P.A.U.R.) art. 27-bis D.Lgs 152/2006		

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. ANTONIO ALFREDO AVALLONE

Via Lama n.18 - 75012 Bernalda (MT)

Ordine degli Ingegneri di Matera n. 924

PEC: antonioavallone@pec.it

Cell: 339 796 8183



IL TECNICO

Dott. Ing. ANTONIO PIO VUOVOLO

Sunlive Consulting srls

Via Mario Valente n.68

Ordine degli ingegneri di Foggia nr. 2732

71043 Manfredonia (FG)



Dott. Ing. ANTONIO MISCHITELLI

Via Mons. Tortorelli n.33

71013 San Giovanni Rotondo (FG)

Ordine degli ingegneri di Foggia nr. 1797



Spazio riservato agli Enti

## Sommario

<b>PREMESSA</b> .....	2
<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO</b> .....	2
<b>SPIEGAZIONE DEL FENOMENO</b> .....	3
<b>CARATTERISTICHE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO</b> .....	3
<b>SORGENTI NATURALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	3
<b>SORGENTI ARTIFICIALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	4
<b>IL CONCETTO DI LUNGHEZZA D'ONDA E FREQUENZA</b> .....	4
<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA</b> .....	5
<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI AD ALTA FREQUENZA</b> .....	5
<b>DIFFERENZE TRA CAMPI STATICI E VARIABILI NEL TEMPO</b> .....	6
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	7
<b>EFFETTI SANITARI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	7
<b>EFFETTI BIOLOGICI</b> .....	8
<b>PREOCCUPAZIONI PER LA SALUTE E RICERCA SCIENTIFICA</b> .....	9
<b>EFFETTI SULLA SALUTE</b> .....	10
<b>OBIETTIVI DELLE RICERCHE ATTUALI E FUTURE</b> .....	11
<b>MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE STRUTTURALI</b> .....	11

## PREMESSA

Il sottoscritto ing. Antonio Pio VUOVOLO, nato a San Giovanni Rotondo (FG) il 17/012/1973, C.F. VVLNNP73T17H926Y, regolarmente iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di FOGGIA al n. 2732, progettista della SNLIVE CONSULTING SRLs, con sede in Via Mario Valente 68, 71043 Manfredonia (FG), P.I. 04096960713, incaricato dalla **SOLAR ENERGY VENTUNO S.r.l.**, con sede in Via Sebastian ALTMANN, 9 Bolzano (BZ), P.I.03084730211, della progettazione dell'impianto elettrico a servizio dell'impianto agrifotovoltaico da 76,42796MWp da realizzarsi in località Scapanizza in agro dei comuni di Minervino (BT) e Montemilone (PZ), redige la presente relazione tecnica specialistica per l'impatto elettromagnetico.

Il progetto è finalizzato alla produzione della cosiddetta energia elettrica "pulita" e ben si inquadra nel disegno nazionale di incremento delle risorse energetiche utilizzando fonti alternative a quelle di sfruttamento dei combustibili fossili, ormai reputate spesso dannose per gli ecosistemi e per la salvaguardia ambientale.

## DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

L'impianto identificato dal codice di pratica 202000003, è ubicato in agro Minervino (BT) su terreno censito al catasto al:

- Foglio 44 particelle 4-24-17-26-52-3-13-14-7-51-54-53-50-27-15-19-33-34-461-55-21-1-46-460-461-11-65;
- Foglio 46 particelle 256-257-258-9;
- Foglio 47 particelle 4-59-60-69-70-71-72-73-74-75-79-80-86-87-89-93-95-97.

Il generatore fotovoltaico è di tipo installato a terra ed è costituito da tracker di due tipologie, uno da 56 moduli e uno da 112 moduli per un totale di 351 tracker da 56 moduli e 1100 da 112 moduli per un totale di 142.856 moduli da 535 W in silicio monocristallino bifacciali per una potenza totale di 76.427,960 kW di potenza totale. Le strutture saranno posate su una fila in verticale su strutture in acciaio zincato direttamente infisse nel terreno con angolo di azimut 0° ad inseguimento solare definito tracker monoassiale.

Le 5102 stringhe sono formate da 28 moduli collegati in serie, ciascuna delle stringhe afferisce ai quadri di parallelo dislocati in campo, 382 in tutto; 31 per il sottocampo 1, 51 per il sottocampo 2, 33 per il sottocampo 3, 181 per il sottocampo 4 e 86 per il sottocampo 5.

Tutti i quadri di ciascun sottocampo afferiscono ad inverter centralizzati da 2,5 MW; sono previste cabine di trasformazione con singolo inverter e con doppio inverter. Tutti gli inverter sono alloggiati in uno skid prefabbricato plug and play contenente un trasformatore elevatore con la relativa

protezione MT, una rete in MT che raccoglie l'energia e la convoglia nel punto di consegna dove viene immessa nella rete elettrica nazionale

## **SPIEGAZIONE DEL FENOMENO**

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un campo elettromagnetico. In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco. La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusi, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

## **CARATTERISTICHE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO**

**I campi elettrici:** sono creati da differenze di potenziale elettrico, o tensioni; più alta è la tensione, più intenso è il campo elettrico risultante.

**I campi magnetici:** si creano quando circola una corrente elettrica; più alta è la corrente, più intenso è il campo magnetico. Un campo elettrico esiste anche se non c'è corrente. Se circola una corrente, l'intensità del campo magnetico varia con il consumo di potenza, mentre l'intensità del campo elettrico rimane costante.

Collegando un apparecchio a una presa si creano dei campi elettrici nello spazio circostante, Più alta è la tensione, più alto è il campo prodotto. Poiché la tensione può esistere anche se non circola corrente, non occorre che un apparecchio sia acceso perché esista un campo elettrico nello spazio circostante. Quindi i campi elettrici e quelli magnetici coesistono nell'ambiente. Il campo magnetico è tanto più intenso quanto maggiore è la corrente. Nella trasmissione e nella distribuzione dell'elettricità si usano tensioni elevate al fine di contenere le perdite di energia. Le tensioni in uso negli elettrodotti variano con il consumo di energia.

I campi elettrici attorno ai cavi di un apparecchio cessano di esistere solo quando questo viene scollegato.

## **SORGENTI NATURALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

I campi elettromagnetici sono presenti ovunque nel nostro ambiente di vita, ma sono invisibili all'occhio umano. Dei campi elettrici sono prodotti dall'accumulo locale di cariche elettriche

nell'atmosfera, in occasione di temporali. Il campo magnetico terrestre fa sì che l'ago di una bussola si orienti lungo la direzione nord-sud ed è utilizzato da uccelli e pesci per la navigazione.

## **SORGENTI ARTIFICIALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Accanto alle sorgenti naturali, lo spettro elettromagnetico comprende anche campi generati da sorgenti artificiali: i raggi X, ad esempio, sono utilizzati per diagnosticare la frattura di una caviglia. All'elettricità fornita da una qualunque presa di corrente sono associati dei campi elettromagnetici a bassa frequenza. Infine, diversi tipi di radioonde ad alta frequenza sono usati per trasmettere informazioni, attraverso antenne televisive, impianti radiofonici o stazioni radio base per telefonia mobile.

## **IL CONCETTO DI LUNGHEZZA D'ONDA E FREQUENZA**

Una delle caratteristiche principali di un campo elettromagnetico (CEM) è la sua frequenza o la corrispondente lunghezza d'onda. Campi di lunghezza d'onda diversa interagiscono con il corpo umano in modo diverso. Si possono immaginare le onde elettromagnetiche come una serie di onde che viaggiano ad una velocità enorme, quella della luce; la frequenza descrive semplicemente il numero di oscillazioni, o cicli, al secondo, mentre la lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra un'onda e la successiva. Quindi, lunghezza d'onda e frequenza sono legate in modo indissolubile: più alta è la frequenza, più breve è la lunghezza d'onda. La radiazione elettromagnetica si propaga come un'onda alla velocità della luce. Ad una frequenza di 100 KHz corrisponde una lunghezza d'onda di 100 Km mentre ad una frequenza di 300 GHz corrisponde una lunghezza d'onda di 1mm.

## **DIFFERENZA TRA CAMPI ELETTROMAGNETICI NON IONIZZANTI E RADIAZIONI IONIZZANTI**

Lunghezza d'onda e frequenza determinano un'altra importante caratteristica dei campi elettromagnetici: le onde elettromagnetiche sono trasportate da particelle chiamate "quanti". I "quanti" di frequenza più elevata (e, quindi di lunghezza d'onda minore) trasportano più energia di quelli di frequenza più bassa (e lunghezza d'onda maggiore). Alcune onde elettromagnetiche trasportano un'energia tale da essere in grado di rompere i legami tra molecole. Nello spettro elettromagnetico, i raggi gamma emessi dai materiali radioattivi, i raggi cosmici ed i raggi X hanno questa proprietà e sono chiamati "radiazioni ionizzanti". I campi i cui "quanti" hanno energia insufficiente per rompere i legami molecolari vengono invece chiamati "radiazioni non ionizzanti". I campi elettromagnetici prodotti da sorgenti artificiali, che svolgono un ruolo di primo piano nel mondo industrializzato – elettricità, radioonde e campi a radiofrequenza – si trovano nella regione

dello spettro elettromagnetico a lunghezze d'onda relativamente grandi e frequenze relativamente basse, ed i loro "quanti" non sono in grado di rompere i legami chimici.

## **CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA**

Campi elettrici esistono ovunque sia presente una carica elettrica positiva o negativa: essi esercitano delle forze su altre cariche presenti entro il campo. L'intensità del campo elettrico si misura in volt al metro (V/m). Ogni conduttore elettrico carico produce un campo elettrico. Il campo esiste anche se non circola alcuna corrente. Maggiore è la tensione, più alto è il campo elettrico a una determinata distanza dal conduttore.

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino a una carica, o a un conduttore carico, e diminuisce rapidamente allontanandosi da questi. I conduttori, come ad esempio i metalli, schermano molto efficacemente i campi elettrici. Altri mezzi, come i materiali da costruzione e gli alberi, hanno una certa capacità di schermatura. Quindi, i campi elettrici prodotti all'esterno da linee ad alta tensione sono attenuati dalle pareti, dagli edifici e dagli alberi. Quando gli elettrodotti sono interrati, il campo elettrico in superficie è a malapena misurabile.

I campi magnetici derivano dal moto delle cariche elettriche. L'intensità del campo magnetico si misura in ampere al metro (A/m); in genere, nella ricerca sui campi elettromagnetici, gli scienziati usano invece un'altra grandezza a questa collegata, l'induzione magnetica (misurata in tesla, T, o nei suoi sottomultipli come il microtesla,  $\mu\text{T}$ ). A differenza dei campi elettrici, un campo magnetico si produce soltanto quando l'apparecchio è acceso e circola della corrente elettrica. Più alta è la corrente, maggiore è l'intensità del campo magnetico. Come i campi elettrici, anche quelli magnetici sono massimi vicino alla loro sorgente e diminuiscono rapidamente a distanze maggiori. I campi magnetici non vengono bloccati dai materiali comuni, come le pareti degli edifici.

## **CAMPI ELETTROMAGNETICI AD ALTA FREQUENZA**

I telefoni mobili, i trasmettitori radiotelevisivi ed i radar producono campi elettromagnetici a radiofrequenza. Questi campi sono utilizzati per trasmettere informazioni su lunghe distanze e costituiscono la base dei sistemi di telecomunicazione e di diffusione radiotelevisiva in tutto il mondo. Le microonde sono campi RF di frequenza elevata, nell'intervallo dei gigahertz (GHz). Nei forni a microonde, queste vengono sfruttate per scaldare rapidamente i cibi.

Nella regione delle radiofrequenze, i campi elettrici e quelli magnetici sono strettamente correlati e generalmente il loro livello viene misurato in termini di densità di potenza, in watt al metro quadro ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

## **PRINCIPALI SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI A FREQUENZE BASSE, INTERMEDIE ED ALTE**

I campi elettromagnetici variabili nel tempo prodotti dagli apparecchi elettrici sono un esempio di campi a frequenza estremamente bassa (ELF). I campi ELF hanno generalmente frequenza fino a 300 Hz. Altre tecnologie producono campi a frequenza intermedia (IF), con frequenze tra 300 Hz e 10 MHz e campi a radiofrequenza (RF) con frequenze da 10 MHz a 300 GHz. Gli effetti dei campi elettromagnetici sul corpo umano dipendono non solo dalla loro intensità, ma anche dalla loro frequenza.

I sistemi che ci forniscono elettricità, e tutti gli apparecchi che la usano, costituiscono le principali sorgenti di campi ELF; gli schermi dei computer, i dispositivi anti-taccheggio e i sistemi di sicurezza sono le principali sorgenti di campi IF; radio, televisione, radar, antenne per la telefonia cellulare e forni a microonde sono le principali sorgenti di campi RF.

Questi campi inducono nel corpo umano delle correnti elettriche che, se di intensità sufficiente, possono produrre vari effetti come riscaldamento e scosse elettriche, secondo la loro ampiezza e la loro frequenza, comunque, per produrre effetti di questo genere, i campi esterni al corpo devono essere molto intensi, notevolmente al di sopra di quelli presenti nei normali ambienti.

## **DIFFERENZE TRA CAMPI STATICI E VARIABILI NEL TEMPO**

Un campo statico non varia nel tempo. Una corrente continua (CC) è una corrente elettrica che scorre in un'unica direzione. In qualunque dispositivo a batteria, la corrente scorre da quest'ultima all'apparecchio per tornare poi alla batteria. Questa corrente crea un campo magnetico statico. Il campo magnetico terrestre è anch'esso un campo statico, così come il campo magnetico creato da una calamita, che può essere visualizzato osservando le figure che si creano quando si sparge della limatura di ferro attorno ad essa.

Al contrario, le correnti alternate (CA) producono campi elettromagnetici variabili nel tempo. Le correnti alternate invertono il loro verso ad intervalli regolari. Nella maggior parte di paesi europei l'elettricità cambia verso ad una frequenza di 50 cicli al secondo, o 50 hertz. Così pure, i corrispondenti campi elettromagnetici cambiano la frequenza di 60 Hz.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### Normative nazionali ed internazionali

Un aiuto concreto per la mitigazione del problema delle interferenze elettromagnetiche giunge dalle normative nazionali e internazionali in materia.

La direttiva europea 89/336/CEE “compatibilità elettromagnetica” impone ai costruttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche il rispetto di alcuni requisiti essenziali insiti nella definizione stessa di compatibilità elettromagnetica, che sono mirati al contenimento delle emissioni elettromagnetiche dei sistemi entro limiti ben determinati e contemporaneamente all’incremento dell’immunità degli stessi nei confronti delle interferenze.

Il rispetto di tali requisiti si può ottenere seguendo le prescrizioni delle norme tecniche armonizzate che forniscono i limiti ed i metodi di misura per la totalità dei prodotti o delle famiglie di prodotti che rientrano negli obiettivi della direttiva, o per tutti i dispositivi che possono creare emissioni elettromagnetiche o il cui funzionamento può essere alterato da disturbi elettromagnetici presenti nell’ambiente. Tra le fonti normative più importanti è da ricordare la Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 recepita in Italia con il DLgs 10 settembre 1998 n. 381 riguardante “l’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici” e la Direttiva 2004/40/CE recepita in Italia con il DLgs 19 novembre 2007 n. 257 riguardante le “prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da agenti fisici (campi elettromagnetici)”. Il succitato DLgs è stato, infine, interamente accorpato all’interno del nuovo Testo Unico sulla sicurezza del 9 aprile 2008 n. 81. Il 29 giugno 2013 è stata emanata la Direttiva 2013/35/CE recante nuove disposizioni in tema di esposizioni occupazionali ai campi elettromagnetici. Tale direttiva sostituisce ed abroga la precedente 2004/40.

## EFFETTI SANITARI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### Effetti dell’esposizione ai campi elettromagnetici

L’esposizione a campi elettromagnetici non è un fenomeno nuovo, tuttavia, durante il ventesimo secolo, l’esposizione ambientale a campi elettromagnetici di origine umana è costantemente aumentata in quanto la crescita della domanda di elettricità, il continuo avanzamento delle tecnologie ed i cambiamenti nei comportamenti sociali hanno creato sorgenti artificiali in misura sempre maggiore, ognuno è esposto, sia in casa sia sul posto di lavoro, a una complessa miscela



di deboli campi elettrici e magnetici dovuti alla generazione ed al trasporto di elettricità, agli elettrodomestici, agli apparati industriali, alle telecomunicazioni e all'emittenza radiotelevisiva.

Nel corpo umano esistono, anche in assenza di campi elettrici esterni, piccolissime correnti dovute a reazioni chimiche che sono parte delle normali funzioni fisiologiche.

Per esempio, i nervi si scambiano segnali attraverso la trasmissione di impulsi elettrici. La maggior parte delle reazioni biochimiche, dalla digestione all'attività cerebrale, sono accompagnate da una ridistribuzione di particelle cariche. Anche il cuore è elettricamente attivo; il vostro dottore può registrarne l'attività con l'aiuto di un elettrocardiogramma.

Campi elettrici a bassa frequenza agiscono sul corpo umano, esattamente come agiscono su qualunque altro mezzo composto di particelle cariche. Quando i campi elettrici agiscono su materiali conduttori, influenzano la distribuzione delle cariche elettriche sulla loro superficie e provocano un flusso di corrente attraverso il corpo, verso la terra.

I campi magnetici a bassa frequenza provocano la circolazione di correnti all'interno del corpo. L'intensità di queste correnti dipende dall'intensità del campo magnetico esterno. Se sufficientemente elevate, queste correnti possono provocare la stimolazione di nervi e muscoli o influenzare altri processi biologici. Sia i campi elettrici sia quelli magnetici provocano differenze di potenziale e correnti nel corpo ma, anche nel caso in cui si sia immediatamente al di sotto di una linea ad alta tensione, le correnti indotte sono piccolissime in confronto alle soglie necessarie per provocare scosse ed altri effetti elettrici.

Il riscaldamento è il principale effetto biologico dei campi elettromagnetici a radiofrequenza. Nei forni a microonde questa circostanza è sfruttata per riscaldare i cibi. I livelli dei campi a radiofrequenza ai quali la gente è normalmente esposta sono di gran lunga inferiori a quelli richiesti per produrre un riscaldamento significativo. Gli effetti di riscaldamento delle radioonde costituiscono la base su cui si fondano le attuali linee guida. Gli scienziati stanno indagando anche la possibilità che, al di sotto dei livelli di soglia necessari per provocare il riscaldamento corporeo, si manifestino altri effetti, legati ad esposizioni a lungo termine. A tutt'oggi, non è stata fornita conferma di alcun effetto nocivo dovuto ad esposizioni a lungo termine a bassi livelli di campi elettromagnetici, a radio frequenza o a frequenza industriale; comunque, gli scienziati continuano attivamente le ricerche in questo settore.

## **EFFETTI BIOLOGICI**

Gli effetti biologici sono risposte misurabili a uno stimolo o a un cambiamento ambientale. Queste risposte non sono necessariamente nocive per la salute. Ad esempio, ascoltare musica, leggere un libro, mangiare una mela o giocare a tennis producono diversi effetti biologici. Pur tuttavia, non ci si

aspetta che nessuna di queste attività provochi effetti sanitari. Il nostro corpo possiede sofisticati meccanismi per adattarsi alle molteplici e diverse influenze che incontriamo nel nostro ambiente. I cambiamenti continui fanno parte della nostra vita.

Ma, naturalmente, il corpo non possiede meccanismi di compensazione adeguati per qualunque effetto biologico.

Cambiamenti irreversibili, o che sottopongano il sistema a stress per lunghi periodi di tempo, possono costituire un rischio per la salute.

Un effetto nocivo provoca un danno rilevabile alla salute del soggetto esposto o a quella della sua prole; un effetto biologico, dal canto suo, può tradursi o meno in un effetto di danno alla salute.

E' fuori di dubbio che, al di sopra di certi livelli, i campi elettromagnetici possono innescare degli effetti biologici. Esperimenti condotti su volontari sani indicano che esposizioni di breve durata, ai livelli di campo presenti nell'ambiente o in casa, non provocano alcun effetto nocivo evidente. Esposizioni a livelli più elevati, che potrebbero essere pericolose, sono prevenute dalle linee guida nazionali ed internazionali. Il dibattito attuale si concentra sulla possibilità o meno che l'esposizione prolungata a bassi livelli di campo possa sollecitare risposte biologiche e influenzare lo stato di benessere delle persone.

## **PREOCCUPAZIONI PER LA SALUTE E RICERCA SCIENTIFICA**

Il massiccio sviluppo dell'elettronica in tutti i settori tecnologici e lavorativi ha comportato la presenza quotidiana di campi elettromagnetici di diverse frequenze ed intensità, nei vari ambienti di lavoro; ciò ha portato allo studio degli effetti che questo fenomeno potrebbe causare sull'uomo. Nel corso dell'ultimo decennio, interrogativi per la salute sono stati sollevati a proposito di

numerose sorgenti di campi elettromagnetici, tra cui linee ad alta tensione, forni a microonde, schermi di computer e televisori, sistemi di sicurezza, radar e, più recentemente, telefonia mobile e relative stazioni radio base. In risposta ai crescenti interrogativi su possibili effetti sanitari delle sorgenti di campi elettromagnetici il cui numero e la cui varietà vanno continuamente aumentando, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha avviato nel 1996 un grande piano di ricerca multidisciplinare. Il Progetto Internazionale CEM mette insieme conoscenze e risorse che sono attualmente disponibili presso le maggiori agenzie ed istituzioni scientifiche internazionali e nazionali. Negli ultimi 30 anni sono stati pubblicati circa 25.000 articoli scientifici nel settore degli effetti biologici e delle applicazioni mediche delle radiazioni non ionizzanti. Sebbene sia indispensabile che si debbano svolgere ancora più ricerche, le conoscenze scientifiche in questo campo sono oggi più ampie che per la maggior parte degli agenti fisici.

## **EFFETTI SULLA SALUTE**

Alcuni individui hanno attribuito una grande varietà di sintomi all'esposizione a bassi livelli di campo elettromagnetico in casa. Questi sintomi comprendono mal di testa, ansia, suicidio e depressione, nausea, stanchezza e perdita della libido. Al momento, le evidenze scientifiche non suffragano un legame tra questi sintomi e l'esposizione a campi elettromagnetici. Alcuni di questi problemi sanitari possono essere causati dal rumore o da altri fattori ambientali, oppure da ansie legate alle nuove tecnologie.

### Effetti sulla gravidanza

L'OMS ed altre organizzazioni internazionali hanno esaminato molte, e diverse, sorgenti di esposizione a campi elettromagnetici in ambienti di vita e di lavoro, tra cui schermi di computer, letti ad acqua e coperte elettriche, saldatrici a radiofrequenza, apparati per diatermia e radar, il bilancio complessivo delle evidenze mostra che l'esposizione a campi elettromagnetici a tipici livelli ambientali non accresce il rischio di alcun effetto nocivo, come aborti spontanei, malformazioni, peso ridotto alla nascita e malattie congenite. Vi sono state segnalazioni occasionali di associazioni tra problemi sanitari e presunte esposizioni a campi elettromagnetici, nonché segnalazioni di parti prematuri e di peso ridotto alla nascita per figli di lavoratori dell'industria elettrica, ma la comunità scientifica non ha ritenuto che questi effetti fossero necessariamente causati dall'esposizione ai campi (piuttosto che da altri fattori, come per esempio l'esposizione a solventi).

### Cataratte

Sono state talvolta segnalate irritazioni agli occhi e cataratte in lavoratori esposti ad alti livelli di radiazione a radiofrequenze e microonde, ma gli studi su animali non confortano l'idea che queste forme di danno agli occhi possano prodursi a livelli che non siano pericolosi dal punto di vista termico. Non c'è alcuna evidenza che simili effetti si verificano ai livelli sperimentati dal pubblico generico.

### Campi elettromagnetici e cancro

Nonostante molti studi, le evidenze di effetti cancerogeni di qualsiasi genere restano molto controverse. È comunque chiaro che, se i campi elettromagnetici avessero effettivamente un

effetto sul cancro, l'aumento di rischio, di qualunque tipo, sarebbe estremamente basso. I risultati ottenuti fino ad oggi presentano molte incongruenze, ma non si è comunque trovato nessun aumento consistente di rischio per nessuna forma di cancro, né nei bambini né negli adulti.

Un certo numero di studi epidemiologici suggerisce piccoli aumenti di rischio di leucemia infantile, associati all'esposizione a campi magnetici a bassa frequenza nelle abitazioni. Però, gli scienziati non sono in genere giunti alla conclusione che questi risultati riflettano una relazione di causa ed effetto tra l'esposizione ai campi e la patologia. A questa conclusione si è giunti, in parte, perché gli studi su animali e quelli di laboratorio non hanno provato alcun effetto riproducibile che sia coerente con l'ipotesi che i campi elettromagnetici causino o promuovano il cancro. In numerosi paesi sono in corso studi su larga scala che possono aiutare a chiarire questi punti.

#### Ipersensibilità ai campi elettromagnetici e depressione

Alcuni individui denunciano una "ipersensibilità" ai campi elettrici magnetici. Queste persone chiedono di sapere se fastidi e dolori, mal di testa, depressione, letargia, disordini del sonno, ed anche convulsioni e crisi epilettiche, possano essere associati all'esposizione a campi elettromagnetici. Vi è ben poca evidenza scientifica che sostenga l'idea di un'ipersensibilità ai campi elettromagnetici, recenti studi scandinavi hanno trovato che, in condizioni di esposizione appropriatamente controllate, i soggetti non presentano reazioni coerenti. Per di più, non esiste alcun meccanismo biologico accettato che spieghi l'ipersensibilità. La ricerca su questo tipo di individui è difficile perché possono entrare in gioco, oltre agli effetti diretti dei campi, molte altre risposte soggettive, ulteriori studi sulla materia sono in corso.

### **OBIETTIVI DELLE RICERCHE ATTUALI E FUTURE**

Notevoli sforzi sono in corso per approfondire gli studi sulle connessioni tra campi elettromagnetici e cancro. Le ricerche su possibili effetti cancerogeni dei campi a frequenza industriale proseguono, seppure a un livello inferiore a quello degli ultimi anni '90. Gli effetti sanitari a lungo termine dell'uso di telefoni mobili costituiscono attualmente un altro settore di intensa ricerca. Non è stato scoperto nessun ovvio effetto nocivo legato a bassi livelli di campi a radiofrequenza. Tuttavia, date le preoccupazioni del pubblico per la sicurezza dei telefoni cellulari, ulteriori ricerche mirano a stabilire se, a livelli di esposizione molto bassi, possano verificarsi effetti meno ovvi.

### **MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE STRUTTURALI**

Tra le soluzioni tecniche e le misure preventive previste per la riduzione dei problemi di esposizione a campi elettromagnetici, c'è l'adozione di linee elettriche a cavo interrato, ma poiché

si riscontrano ancora problemi sia tecnici che economici (in particolare per le linee ad altissima tensione), l'utilizzo dei cavi interrati è ancora molto limitato, ed interessa in prevalenza le linee per le basse e le medie tensioni. Si sta comunque iniziando a sviluppare l'impiego di cavi interrati anche per le linee ad alta tensione per 132/150 kV.

Sia il terreno che la schermatura dei cavi contribuiscono in modo efficace ad attenuare il campo elettrico, mentre per il campo magnetico il comportamento è diverso: l'induzione magnetica prodotta dai cavi assume valori apprezzabili solo vicino la zona di posa.

La possibilità di avere una induzione magnetica più bassa per la linea elettrica in cavo è dovuta alla vicinanza dei cavi stessi i quali, essendo isolati, possono essere accostati uno all'altro (cosa che non è possibile per una linea aerea). È inoltre possibile ottenere un'ulteriore riduzione disponendo i cavi non allineati normalmente tra loro, ma a triangolo.

Gli aspetti da considerare per la realizzazione di linee ad alta tensione interrate sono la potenza reattiva e i costi, che insieme limitano una maggiore diffusione dei cavi. Infatti, a parità di caratteristiche funzionali (tensioni, portata, numero delle fasi), il costo di un cavo interrato per linee ad alta tensione può variare attualmente da 3, a 6, addirittura a 10 volte in più del costo della linea aerea costituita da conduttori nudi, in quanto comprende i lavori di posa dell'impianto a terra. Questo costo elevato è dovuto al fatto che l'operazione prevede l'impiego di tecnologie innovative, per le quali non esiste ancora un mercato adeguato: per esempio per l'installazione di cavi interrati per le altissime tensioni (AAT-230 kV e 400 kV) esistono cavi ad olio fluido, mentre sono allo studio e alla sperimentazione cavi con isolamento estruso.

Tra le altre soluzioni proposte meritano particolare attenzione, soprattutto dal punto di vista della intensità dei campi al suolo, le cosiddette linee aeree compatte, nelle quali i conduttori sono molto più ravvicinati rispetto agli elettrodotti tradizionali grazie all'utilizzazione di mensole di sostegno isolanti: questo tipo di soluzione permette sia un'intensità di campi al suolo minore rispetto a quelli generati dalle linee tradizionali, sia un minore impatto visivo grazie alle loro dimensioni ridotte, con vantaggi quindi per l'ambiente anche dal punto di vista paesaggistico. Anche in questo caso però si tratta di strutture il cui impiego presenta degli inconvenienti, quali un costo superiore rispetto agli impianti tradizionali, un infittimento dei sostegni e una non facile attuazione.

Ultimamente si cominciano ad applicare anche soluzioni destinate a risolvere casi particolari, come dimostra il caso dell'ENEL, che utilizza da diverso tempo il cavo aereo per le linee a bassa tensione (BT) al posto delle linee in conduttori nudi, iniziandone allo stesso tempo la sperimentazione per le linee a media tensione (MT). In questi casi il cavo, anziché essere posato in trincea, viene sospeso ad una palizzata, il corridoio in cui passa la linea è molto stretto e nel caso debba essere impiantato in una zona boscosa è possibile evitare il taglio delle piante, con notevole diminuzione dell'impatto ambientale. Si ha inoltre una riduzione del campo elettrico grazie

alla guaina che circonda ciascun conduttore ed all'effetto diretto della schermatura, oltre ad una riduzione del campo magnetico dovuta al fatto che gli stessi conduttori possono essere molto ravvicinati tra loro, senza che un loro eventuale contatto crei dei problemi. Per quanto riguarda il ricorso ai cavi aerei per le linee ad alta tensione (132/150 kV) non è per ora possibile attuarlo sia per motivi economici (in quanto costo e dimensioni del cavo isolato sono di molte volte superiori a quelle del conduttore nudo a causa dell'elevato spessore dell'isolante) che per motivi tecnici (la potenza capacitiva prodotta dal cavo è troppo elevata e impedisce la trasmissione della potenza attiva utile). Sono in fase di sperimentazione anche altre soluzioni tecniche che permettono di intervenire su impianti preesistenti, quali:

- Avvicinamento l'uno all'altro dei conduttori esistenti grazie all'impiego degli avvicinatori di fase;
- Impiego di schermi attivi in grado di abbattere efficacemente il campo in una vasta zona attorno ad esso.

Un'altra tecnica di prevenzione è quella che prevede l'istituzione delle cosiddette fasce di rispetto, le quali sono dei tracciati particolari che possono essere previsti in fase di progetto qualora si dovessero continuare ad usare elettrodi con conduttori nudi, e che garantiscono nel tempo il rispetto degli idonei limiti di distanza dalle abitazioni e dagli altri luoghi di permanenza prolungata. In questo modo si avrebbe un'esposizione ai campi elettromagnetici trascurabile.

Comunque, la principale e più ovvia forma di prevenzione è senza dubbio il divieto di costruire abitazioni o strutture pubbliche (scuole, uffici) accanto a linee elettriche già esistenti e, viceversa, di costruire nuovi elettrodotti accanto alle abitazioni o alle strutture pubbliche.

A questo proposito si possono definire delle distanze indicative oltre le quali il livello di campo magnetico risulta inferiore a 3  $\mu$ T (valore fissato come obiettivo di qualità dall'art. 4 della L. 36/2001), valore al disopra del quale viene attualmente indicata l'esistenza di un possibile rischio per la salute degli individui esposti. Tenendo conto che in genere il carico presente su di una linea elettrica è quasi sempre inferiore a quello massimo previsto (eventi eccezionali a parte) e che i conduttori sono posti ad un'altezza maggiore rispetto a quella minima prevista dalle normative vigenti per motivi di sicurezza, le distanze calcolate possono essere ulteriormente ridotte:

- Linea 380 kV oltre 50-70 metri;
- Linea 220 kV oltre 30-50 metri;
- Linea 132 kV oltre 20-30 metri;
- Linea 115 kV oltre 5-10 metri.

Riguardo alle linee elettriche preesistenti, è molto importante pianificare interventi di riduzione dei livelli di esposizione utilizzando le tecnologie disponibili, quali cavo interrato, cavo aereo, linea compatta, che potranno essere adottate in situazioni particolari (per esempio quando una linea

elettrica attraversa una zona ad alta densità di popolazione, o passa sopra una scuola, o un asilo, o sopra altre aree destinate all'infanzia), e dopo avere verificato il livello di campo magnetico presente.

A tale scopo deve essere definita una procedura che preveda l'avvio di campagne di monitoraggio allo scopo di ottenere una corretta valutazione dei livelli di esposizione. Altre soluzioni che prevedono lo spostamento della linea e dell'edificio, pur essendo senz'altro risolutive, appaiono inattuabili, soprattutto per il costo eccessivo che graverebbe sulla comunità.

Un altro problema di produzione di campi elettromagnetici è dato:

- 1. Stazioni di trasformazioni.** Anche se il campo elettromagnetico rilevabile all'interno delle stazioni di trasformazione è soprattutto un problema dei lavoratori (che andrebbero comunque adeguatamente tutelati), queste non dovrebbero essere dislocate né in prossimità né all'interno di aree urbane. Per gli impianti già esistenti, l'unica soluzione adottabile nel caso si trovino vicino ad abitazioni per ottenere la riduzione dell'esposizione, causata soprattutto dalle linee in entrata ed in uscita, potrebbe essere quella di spostarli ad una distanza maggiore o sostituire le linee aeree collegate all'impianto con cavi interrati;
- 2. Cabine di trasformazione.** Le nuove cabine di trasformazione elettrica media tensione/bassa tensione (MT/BT) non dovrebbero essere poste all'interno di edifici. Infatti, anche se l'esposizione al campo elettromagnetico emesso dalle cabine interessa in genere solo gli abitanti del locale posto al di sopra dell'installazione, non sono ancora disponibili misure adeguate di schermatura. Nel caso in cui sia prevista l'installazione di cabine secondarie in prossimità di aree o edifici adibiti alla permanenza della popolazione, in particolar modo di quella infantile (quali parchi, giardini, asili, scuole), le installazioni dovrebbero essere provviste anche di una recinzione.

## VALUTAZIONE PREVISIONALE DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Nel presente paragrafo si affronta la problematica della eventuale presenza di un campo elettromagnetico generato dall'attività del futuro impianto fotovoltaico. Per le centrali fotovoltaiche, tale impatto è legato alla presenza di cabine di trasformazione, cavi elettrici, dispositivi elettronici ed elettromeccanici installati nell'area d'impianto (per la valutazione dell'eventuale contributo che tali sorgenti possono dare ai campi elettromagnetici al di fuori di tale area) e soprattutto alle linee elettriche in media tensione di interconnessione con la cabina primaria e/o con la rete di trasmissione nazionale. Il livello di emissioni elettromagnetiche deve essere conforme con la legislazione di riferimento che fissa i valori limite di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità: la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici n.36 del 2001, il D.P.C.M. dell'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 (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, D.M. 29 Maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” e la Legge Regionale n. 25 del 09.10.08 “Norme in materia di autorizzazione alla costruzione ed esercizio di linee e impianti elettrici con tensione non superiore a 150.000 Volt”.

In particolare si focalizza l'attenzione sulla eventuale produzione di campi generati alle basse frequenze (50 Hz) di origine artificiale dovuti esclusivamente alla generazione, trasmissione ed alla distribuzione ed uso dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. Si precisa che i campi da considerare sono limitati:

- alla linea interrata di bassa e media tensione;
- alla linea aerea di media tensione;
- alle cabine.

Ovviamente nella fase di cantierizzazione e di dismissione dell'impianto, poiché le apparecchiature sono disalimentate non vi sono campi elettromagnetici e quindi non vi è esposizione.

I rischi eventuali sono limitati alla fase di esercizio.

Per verificare la presenza di rischi occorre preliminarmente individuare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) ossia la “fascia di rispetto”.

- **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 distanti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.
- **Fascia di rispetto:** 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 ( $3 \mu\text{T}$ ). 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.





Facendo riferimento al documento elaborato da E-Distribuzione S.p.A., a cura della funzione Qualità, Sicurezza ed Ambiente (QSA) in collaborazione con la funzione Ingegneria ed Unificazione (IUN), quale supporto tecnico all'applicazione del § 5.1.3 (Procedimento semplificato: calcolo della distanza di prima approssimazione) dell'Allegato al 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", abbiamo i seguenti valori massimi:

- cabine: DPA = 2,00 mt.;
- cavidotto in bassa e media tensione: DPA = 5,00 mt;
- linea elettrica in media tensione: DPA = 11,00 mt.

Pertanto tenuto conto che:

- i limiti di attenzione e qualità previsti dalla normativa vigente sono rivolti ad ambienti abitativi, scolastici ed ai luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- gli insediamenti presenti nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico si trovano tutti a distanze superiori alle fasce di rispetto sopra indicate;
- il fabbricato più vicino ad uso deposito agricolo si trova a più di metri lineari 200 mentre ad uso abitativo a più di 300 m lineari;
- i terreni sui quali dovrà sorgere l'impianto fotovoltaico sono attualmente adibiti ad agricoltura e pastorizia, e quindi non si prevede presenza continua di esseri umani nei pressi dell'impianto;
- la gestione dell'impianto non prevede la presenza di personale durante l'esercizio ordinario.

**Si può affermare che non si prevedono effetti elettromagnetici dannosi per l'ambiente o la popolazione derivanti dalla realizzazione dell'impianto.**

Il Tecnico

Dott. Ing. Antonio Pio VUOVOLO

