

IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV - CALTAFALSA"

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DI POTENZA PARI A 58,52 MWp INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 25 MW (50 MW COMPLESSIVI IN IMMISSIONE) DENOMINATO "AGV CALTAFALSA" E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RICADENTI NEL COMUNE DI MONREALE (PA).



Proponente

X-ELIO CALTAFALSA S.r.l.

CORSO VITTORIO EMANUELE II, 349 - 00186 ROMA
P. IVA: 16235011000

Progettazione



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



Titolo Elaborato

(R) - Elaborati tecnico-descrittivi

18 - Valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	SCALA
PROGETTO DEFINITIVO	PD-R.18	XELI774PDRrti018R0	A4	/

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	06-2023	PRIMA EMISSIONE	GL	EG	MG

REGIONE SICILIA
CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE

X-ELIO+

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	2

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	06-2023	Prima emissione	GL	EG	MG

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	3

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
1.1	GENERALITÀ	4
1.2	MOTIVAZIONI DELLA RELAZIONE	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	DEFINIZIONI	7
4.	DATI GENERALI DEL PROGETTO.....	9
5.	VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL CEM E IDENTIFICAZIONE MISURE DI SICUREZZA.....	11
5.1	ANALISI DELLA NORMA.....	11
5.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	14
5.3	IDENTIFICAZIONE DELLE FASI DI LAVORO E DEI LAVORATORI A RISCHIO	15
5.4	IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI CEM NEI LUOGHI DI LAVORO.....	17
	5.4.1 Macchine da cantiere, utensili elettrici, pistole ad aria calda.....	20
	5.4.2 Impianto fotovoltaico	21
	5.4.3 Sistema BESS	21
	5.4.4 Elettrodotti in BT e MT	22
	5.4.5 Elettrodotto in AT	23
	5.4.6 Sottostazione Utente di Trasformazione 30/220 kV.....	23
5.5	CONTROLLO DEI LIVELLI DI AZIONE (LA) E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI	23
	5.5.1 Campi magnetici statici.....	24
	5.5.2 Campi magnetici a bassa frequenza.....	24
5.6	CONTROLLO DEI VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE) E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI	31
	5.6.1 Campi magnetici statici.....	31
	5.6.2 Campi magnetici a bassa frequenza.....	32
5.7	VERIFICA DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO DI CUI ALLA RACCOMANDAZIONE 1999/519/CE (0 - 300 GHz).....	33
5.8	ESITO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	35
5.9	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI SICUREZZA	35
6.	CONCLUSIONI	38

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	4

1. PREMESSA

1.1 GENERALITÀ

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, la Società X-ELIO Caltafalsa S.r.l. ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto denominato "AGV Caltafalsa" di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico della potenza di circa 58,52 MW_p e delle relative opere di connessione alla Rete, presso la Sotto-Stazione Elettrica di Utente, SSEU, e relativa RTN siti nel Comune di Monreale, Città Metropolitana di Palermo.

L'impianto fotovoltaico sarà composto complessivamente da 15 Power Station (PS) cui afferiranno "elettricamente" le varie porzioni di impianto: su ciascuna PS arriverà una potenza variabile da 3260,6 kW (PS3) a 5658,1 kW (PS9); tutte le PS saranno collegate fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione (30 kV).

Presso l'impianto verranno realizzate, oltre le PS, la control room e le cabine principali di impianto (Main Technical Room) MTR, dalle quali si dipartono le linee di collegamento in Media Tensione interrate verso il punto di consegna (passando in entra/esce per il sistema BESS di accumulo), presso la nuova sottostazione elettrica di trasformazione di utente, che verrà realizzata nei pressi della futura stazione elettrica a 220 kV "SE Monreale".

Solo per completezza di informazione, si fa presente che l'impianto proposto è del tipo agro-fotovoltaico che consentirà la produzione di energia da fonte rinnovabile e la produzione agricola.

Per ulteriori dettagli si rinvia alla Relazione generale del progetto definitivo, codice PD-R.2.

1.2 MOTIVAZIONI DELLA RELAZIONE

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione del rischio di esposizione, da parte dei lavoratori, ai campi elettromagnetici prodotti nelle diverse fasi di:

- ✓ costruzione;
- ✓ collaudo e avviamento;
- ✓ esercizio;
- ✓ dismissione,

dell'impianto fotovoltaico in argomento, **con riferimento alle principali normative di settore quali il D. Lgs. 81/08 e la Direttiva Europea 35/2013.**

Nel seguito della relazione si darà, in particolare, descrizione della normativa di riferimento, dei campi generati da impianti fotovoltaici nell'ampia accezione delle componenti che lo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	5

costituiscono, quali inverter, cavi in BT/MT e cabine di trasformazione e consegna. Va immediatamente sottolineato che il sistema BESS va considerato come un insieme di cabine elettriche che lavorano in BT/MT.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	6

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- **D. Lgs. 81/2008** “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e ss. mm. e ii.;
- **DIRETTIVA 2013/35/UE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell’articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE;
- **Decreto legislativo 1° agosto 2016, n. 159** - Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE;
- **Guida non vincolante di buone prassi per l’attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici** - Commissione Europea - Direzione Generale per l’Occupazione, gli Affari Sociali e l’Inclusione - Unità B3;
- **Decreto del 29/05/08** “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
- **DM del 29.5.2008** “Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003** “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- **Legge quadro 22/02/2001, n. 36** “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- **Norma CEI 106-11** “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;
- **Norma CEI 211-4** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- **Norma CEI 211-6** “Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- **Norma CEI 11-17**: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	7

3. DEFINIZIONI

Nel seguito del documento si farà uso dei seguenti termini.

- **CAMPI ELETTROMAGNETICI (CEM):** campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz.
- **Corrente di contatto (I_c):** la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trova in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- **Densità di corrente (J):** è definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in Ampere a metro quadro (A/m²).
- **Intensità di campo elettrico (E):** è una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt al metro (V/m).
- **Intensità di campo magnetico (H):** è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere al metro (A/m).
- **Induzione magnetica (B):** è una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Assorbimento specifico di energia (SA):** si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule al chilogrammo (J/kg). Esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.
- **Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR):** si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt al chilogrammo (W/kg). Il SAR a corpo intero è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a Radio Frequenze dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	8

- **LIMITI DI AZIONE (LA):** l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B), corrente indotta attraverso gli arti (IL), e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate dalla norma. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti Valori Limite di Esposizione.
- **VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE):** limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine, conosciuti, per la salute.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica, la corrente di contatto, le intensità di campo elettrico e magnetico, e la densità di potenza.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9

4. DATI GENERALI DEL PROGETTO

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con le principali caratteristiche dell'impianto in progetto.

Committente	X-ELIO Caltafalsa S.r.l. Corso Vittorio Emanuele II, 349 – 00186 Roma
Luogo di installazione	Parco agrovoltaico <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zona Agricola, Comune di Monreale, Provincia di Palermo Sistema BESS e area SSEU <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zona Agricola, Comune di Monreale, Provincia di Palermo Punto di consegna <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nuova Stazione Elettrica Terna “220 kV Monreale” di futura realizzazione
Denominazione impianto	Impianto Agrovoltaico “Caltafalsa”
Dati catastali area di progetto	Area impianto agro-fotovoltaico <ul style="list-style-type: none"> ✓ Foglio di mappa catastale del Comune di Monreale n°157, p.lle 150, 149, 144, 145, 148, 147, 143, 139, 141, 140, 138, 153, 152, 249, 151, 224, 183, 301, 225, 304, 93, 181, 33, 300, 334, 335, 299, 182, 302, 38, 388, 390, 121, 76, 39, 21, 329, 154, 155, 157, 325, 324. Sistema BESS <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fogli di mappa catastale del Comune di Monreale n°156, p.lle 204; 202 e 201 SSE Utente <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fogli di mappa catastale del Comune di Monreale n°155, p.lle 656 e 653
Superficie di interesse impianto	Area impianto: l'impianto sarà realizzato su un'area complessiva di 118 ettari che include l'area BESS che occupa una superficie di circa 5.700 m ² . Area SSEU: superficie complessiva occupata pari a circa 1.200 m ²
Potenza di picco (MW_p)	Impianto: 58,52 MW Sistema BESS: 25 MW

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	10

Informazioni generali del sito Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso.

Conessione Collegamento a 30 kV su una SSEU di nuova realizzazione e connessione alla RTN per il tramite della nuova SE Terna "220 kV Monreale" di futura realizzazione

Tipo strutture di sostegno Strutture a inseguimento monoassiale (trackers) e strutture fisse in acciaio zincato ancorate a pali infissi nel terreno

Inclinazione piano dei moduli +/-60° (moduli su strutture mobili)
-30° (moduli su strutture fisse)

Azimut di installazione 0°

Barriere architettoniche Assenti

Posizione cabine di campo Impianto fotovoltaico
✓ n. 15 PS (Power Station)
✓ n. 4 MTR (Main Technical Room)
✓ n. 1 CR (Control Room)
Sistema BESS
✓ n. 40 unità di accumulo Energy Storage

Posizione cabina elettrica di connessione e distribuzione n. 1 SSEU – Stallo produttore e stallo di uscita

Rete di collegamento Media Tensione, MT – 30 kV
Punto di consegna SSEU e SE TERNA "220 kV Monreale"

Coordinate nel sistema di riferimento UTM-WGS84

DESCRIZIONE	E	N	H [m s.l.m.]
Parco agrovoltaico Area Ovest 1	321797	4191999	ΔH=163-142
Parco agrovoltaico Area Ovest 2	321174	4191832	ΔH=192-166
Parco agrovoltaico Area Sud	322150	4191176	ΔH =207-187
Parco agrovoltaico Area Est	323946	4192302	ΔH =205-180
Sistema di accumulo BESS	321093	4192557	ΔH =171-165
Area SSE	321390	4193574	ΔH =167-150

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	11

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL CEM E IDENTIFICAZIONE MISURE DI SICUREZZA

5.1 ANALISI DELLA NORMA

Le informazioni di cui si dirà sono tratte dalle seguenti normative:

- **DIRETTIVA 2013/35/UE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici), nel prosieguo Direttiva EMF (ElectroMagnetic Field).
- **Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici** - Commissione Europea - Direzione Generale per l'Occupazione, gli Affari Sociali e l'Inclusione - Unità B 3, nel prosieguo Guida.
- **D. Lgs. 81/2008, Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro** (Titolo VIII, Agenti fisici, Capo IV, **Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici** (Capo aggiornato ai sensi del D. Lgs. n. 159 del 01/08/2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE").

Preliminarmente, si ricordi che un CEM si identifica con la propagazione nello spazio di campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Alcuni campi provocano la stimolazione degli organi sensoriali, dei nervi e dei muscoli, mentre altri causano riscaldamento. È importante notare che tutti questi effetti hanno una soglia al di sotto della quale non vi è alcun rischio e le esposizioni inferiori alla soglia non sono in alcun caso cumulative. Gli effetti causati dall'esposizione sono transitori, essendo limitati alla durata dell'esposizione, e cessano o diminuiscono quando finisce l'esposizione. Ciò significa che non vi sono ulteriori rischi per la salute una volta terminata l'esposizione.

Il tipo di effetto che i CEM hanno sulle persone dipende sostanzialmente da:

- ✓ frequenza del CEM;
- ✓ intensità del CEM.

In funzione della frequenza, le radiazioni generate da un CEM si dividono in

- ✓ Radiazioni Ionizzanti (IR) con frequenze superiori a 300 GHz (raggi UV, raggi gamma e raggi X);
- ✓ Radiazioni Non Ionizzanti (NIR) con frequenza fino a 300 GHz (campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, radiofrequenze, microonde,

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	12

infrarosso, luce visibile).

Si consulti in proposito l'immagine appresso indicata:



Grafico esplicativo della suddivisione delle radiazioni in non ionizzanti e ionizzanti

Nel caso in esame i CEM cui possono essere esposti i lavoratori sono riconducibili a campi a frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequency, ELF); infatti, in Italia, linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici funzionano a frequenza industriale costante, pari a 50 Hz.

La Guida identifica gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai CEM.

Gli effetti diretti sono i cambiamenti provocati in una persona dall'esposizione a un CEM. La Direttiva prende in considerazione solo gli effetti noti che si basano su meccanismi conosciuti, ma opera una distinzione fra effetti sensoriali ed effetti sulla salute, considerati più gravi. Gli effetti diretti sono i seguenti:

- ✓ vertigini e nausea provocati da CEM statici (associati di norma al movimento, ma possibili anche in assenza di movimento);
- ✓ effetti su organi sensoriali, nervi e muscoli provocati da campi a bassa frequenza (fino a 100 kHz);
- ✓ riscaldamento di tutto il corpo o di parti del corpo causato da campi ad alta frequenza (pari o superiore a 10 MHz); in presenza di valori superiori a qualche GHz il riscaldamento si limita in misura sempre maggiore alla superficie del corpo;
- ✓ effetti su nervi e muscoli e riscaldamento causato da frequenze intermedie (100 kHz-10 MHz).

Si consulti in proposito l'immagine appresso riportata, tratta dalla Guida:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	13

Effetti dei campi elettromagnetici con diverse gamme di frequenza (gli intervalli di frequenza non sono in scala)



Gli effetti diretti possono, quindi, suddivisi in:

- ✓ **effetti non termici**, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali,
- ✓ **effetti termici**, come il riscaldamento dei tessuti.

Con riferimento agli effetti indiretti si ravvisa quanto segue. Possono essere provocati dalla presenza, nel campo elettromagnetico, di oggetti che possono determinare pericoli per la sicurezza o la salute. Gli effetti indiretti sono i seguenti:

- ✓ interferenze con apparecchiature e altri dispositivi medici elettronici;
- ✓ interferenze con apparecchiature o dispositivi medici impiantabili attivi, per esempio stimolatori cardiaci o defibrillatori;
- ✓ interferenze con dispositivi medici portati sul corpo, per esempio pompe insuliniche;
- ✓ interferenze con dispositivi impiantabili passivi (per esempio protesi articolari, chiodi, fili o piastre di metallo);
- ✓ effetti su schegge di metallo, tatuaggi, body piercing e body art;
- ✓ rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici non fissi in un campo magnetico statico;
- ✓ innesco involontario di detonatori;
- ✓ innesco di incendi o esplosioni a causa di materiali infiammabili o esplosivi;
- ✓ scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto quando una persona tocca un oggetto conduttore in un campo elettromagnetico e uno dei due non è collegato a terra.

Alla luce delle considerazioni effettuate, atteso che la frequenza dei CEM è di 50 Hz, andranno presi in considerazione:

- ✓ effetti diretti non termici;
- ✓ effetti indiretti connessi direttamente con la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Con riferimento all'intensità, la Guida definisce:

- ✓ Livelli di Azione (LA): sono fissati in termini di grandezze di campo esterne, rilevabili con relativa facilità tramite misurazioni o calcoli.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	14

- ✓ Valori Limite di Esposizione: sono definiti in termini di grandezze presenti nel corpo che non possono essere misurate o calcolate facilmente.

I LA sono ottenuti dai VLE sulla base di ipotesi prudenziali, e pertanto la conformità ai LA pertinenti garantisce sempre la conformità al VLE corrispondente. Tuttavia, è possibile mantenere la conformità al VLE pur avendo superato un LA.

5.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Come anticipato in premessa, la presente relazione riguarda la valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai CEM dovuti all'impianto in argomento nel suo intero ciclo di vita.

L'iter seguito per la valutazione, in conformità alle norme in vigore, contempla le seguenti attività:

1. Identificazione delle fasi di lavoro e dei lavoratori a rischio.
2. Identificazione delle sorgenti di CEM nei luoghi di lavoro.
3. Controllo dei Livelli di Azione, LA, e del superamento degli stessi.
4. Controllo dei Valori Limite di Esposizione, VLE, e del superamento degli stessi.
5. Verifica dei livelli di riferimento di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE (0 - 300 GHz).
6. Esito della valutazione del rischio.
7. Identificazione delle misure di sicurezza.

Sulla base delle indicazioni della Guida, nel seguito verrà eseguita la valutazione specifica per ciascun luogo di lavoro per confrontare i valori attesi delle grandezze in gioco con i Limiti di Azione (LA) e i Valori Limite di Esposizione (VLE).

Va rilevato che durante la produzione di energia non è prevista la presenza di personale operativo e che, comunque, l'accesso è limitato a personale esperto, formato ed informato su tutti i rischi presenti nel luogo di lavoro. Inoltre, vi sarà specifico divieto di accesso ai portatori di dispositivi impiantabili attivi (quali peace maker o simili). In proposito si consulti la segnaletica appresso riportata con alcune indicazioni operative.



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15



Solo personale qualificato e autorizzato può entrare nella nell'area dell'impianto. I lavori nell'impianto dovranno essere eseguiti solo da personale specificamente addestrato e autorizzato. I dipendenti che non sono stati nominati o non adeguatamente qualificati non possono effettuare operazioni di commutazione, riparazione o manutenzione e possono accedere solo se accompagnati da personale autorizzato. La responsabilità per lo svolgimento del lavoro e la sequenza delle fasi operative spetta al dipendente addestrato e nominato presente sul posto. La scelta e la nomina di personale autorizzato è effettuata esclusivamente dal DL o suo delegato.

Con riferimento ai dispositivi impiantabili attivi si rinvia agli approfondimenti di cui al successivo paragrafo.

5.3 IDENTIFICAZIONE DELLE FASI DI LAVORO E DEI LAVORATORI A RISCHIO

Ai fini del presente studio, si è tenuto conto delle diverse categorie di lavoratori interessati da potenziali CEM nell'intero ciclo di vita dell'opera. La tabella che segue mostra le differenti fasi del ciclo di vita dell'opera e, per ciascuna di esse, le classi di lavoratori interessati.

Fase di Lavoro	Categorie di lavoratori
Costruzione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici
Collaudo e avviamento	Operai elettrici Professionisti tecnici
Esercizio e manutenzione	Manutentori Professionisti tecnici
Dismissione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici

A questo punto, la norma suggerisce alcune precise tipologie di lavoratori sensibili al rischio di esposizione ai CEM. Si tratta di:

- ✓ Lavoratori non particolarmente a rischio;
- ✓ Lavoratori particolarmente a rischio, appresso tabellati:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	16

Lavoratori particolarmente a rischio	Esempi
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi
Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni
Lavoratrici in gravidanza	

Tabella 3.1 tratta dalla Guida

I campi elettromagnetici possono provocare interferenze con il corretto funzionamento delle apparecchiature mediche elettroniche (così come possono interferire con qualsiasi altra attrezzatura elettronica). Tuttavia, poiché tali apparecchiature possono avere una funzione vitale per le cure mediche, le conseguenze delle interferenze possono essere gravi.

A sua volta, la norma effettua una ulteriore distinzione, così articolata:

- ✓ Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi (AIMD);
- ✓ Altri lavoratori particolarmente a rischio (che includono lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo, lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo, lavoratrici in gravidanza);
- ✓ Lavoratori non particolarmente a rischio.

Tale articolazione viene utilizzata nella tabella 3.2 della Guida, in cui viene esplicitato, in funzione del tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro e in funzione della tipologia di lavoratori, di cui al precedente elenco, se va fatta o no la valutazione dei CEM:

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio ^a	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) ^t	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi ^s
	(1)	(2)	(3)

Intestazione della tabella 3.2 della Guida

Se per tutte le attività svolte in un luogo di lavoro viene apposto un “No” nelle tre colonne (relative ai lavoratori), non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva EMF, dato che non dovrebbero esserci rischi di questo tipo.

Pertanto, la valutazione andrà effettuata laddove sarà apposto un “Si”.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	17

Per i lavoratori particolarmente a rischio la valutazione è di solito più complessa. È possibile che i LA per gli effetti diretti non garantiscano una protezione adeguata a questi lavoratori, rendendo necessaria una valutazione separata che dovrà essere effettuata in fase esecutiva, confrontando i valori misurati in campo o desunti dai dati del fabbricante, con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

I lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o dispositivi medici indossati sul corpo dovranno pertanto ricevere informazioni specifiche sui livelli di sicurezza dell'intensità di campo. In questo caso tali informazioni costituiranno criteri di valutazione e dovranno, quindi, essere anteposte a qualsiasi altra informazione più generale eventualmente disponibile.

L'interferenza pertanto non dovrebbe verificarsi a condizione che i campi, diversi dai campi magnetici statici, non superino i valori istantanei dei livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. L'AIMD deve inoltre rimanere esente dall'influenza dei campi magnetici statici inferiori a 0,5 mT.

Per le lavoratrici in gravidanza, il datore di lavoro dovrà fare riferimento agli orientamenti contenuti nell'appendice E della Guida per l'attuazione della Direttiva EMF.

5.4 IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI CEM NEI LUOGHI DI LAVORO

La valutazione del rischio di esposizione ai CEM parte da un censimento iniziale di sorgenti e apparati presenti nel luogo di lavoro. La maggior parte delle sorgenti dei CEM presenti negli ambienti di lavoro produce livelli di esposizione estremamente bassi, tanto che la maggior parte delle attività lavorative comuni difficilmente causa esposizioni superiori ai LA o ai VLE stabiliti dalla Direttiva.

Per la definizione delle fonti si sfrutta quanto indicato dalla tabella 3.2 della Guida. In particolare, ci si è riferiti alla sezione della tabella dedicata all'Alimentazione elettrica, all'Edilizia e all'Industria leggera, come appresso indicato:

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
Alimentazione elettrica			
Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici	No	No	Si
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Si	Si	Si

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	18

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Si	Si	Si
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Si	Si	Si
Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici	No	No	No
Edilizia			
Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) — lavoro in stretta prossimità	No	No	Si
Industria leggera			
Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) — utilizzo di	No	No	Si
Utensili (elettrici portatili e trasportabili) — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No
Pistole ad aria calda – utilizzo di	No	No	Si
Pistole ad aria calda (portatili) — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No

Tabella tratta dalla tabella 3.2 con indicazione del tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro inerenti il caso in esame

I luoghi di lavoro individuati dalla precedente tabella sono stati applicati al caso in esame per definire le sorgenti di CEM. In particolare, di seguito si riportano due tabelle di cui:

- ✓ una relativa alla identificazione delle sorgenti di CEM nel caso di costruzione e dismissione dell'impianto;
- ✓ una relativa alla identificazione delle sorgenti di CEM nei casi di collaudo avviamento ed esercizio dell'impianto.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	19

Luogo di lavoro	Sorgente di CEM
Impianto Fotovoltaico – Sistema BESS – Area SSEU	Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) - lavoro in stretta prossimità Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) - utilizzo di
Elettrodotti BT di interconnessione tra: ✓ pannelli e stingbox-inverter; ✓ inverter e Power Station. Elettrodotti MT di interconnessione tra: ✓ Power Station/Cabina principale di impianto MTR/Sistema BESS; ✓ SSE Utente”. Elettrodotto AT di connessione con la Stazione Elettrica Terna Monreale di futura installazione	Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) - lavoro in stretta prossimità Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) - utilizzo di Pistole ad aria calda - utilizzo di

Tabella relativa alle fasi di costruzione e dismissione dell'impianto

Luogo di lavoro	Sorgente di CEM
Impianto Fotovoltaico – Sistema BESS Sistema BESS – Area SSEU	Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici e sul sistema BESS Generatori e generatori di emergenza - lavori con Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) - utilizzo di Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici
Elettrodotti BT di interconnessione tra: ✓ pannelli e stingbox-inverter; ✓ inverter e Power Station. Elettrodotti MT di interconnessione tra: ✓ Power Station/Cabina principale di impianto MTR/Sistema BESS ; ✓ SSE Utente”.	Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) - lavoro in stretta prossimità Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) - utilizzo di Pistole ad aria calda - utilizzo di Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	20

Luogo di lavoro	Sorgente di CEM
Elettrodotto AT di connessione con la Stazione Elettrica Terna Monreale di futura installazione	- esposizione a campi elettrici

Tabella relativa alle fasi di collaudo, avviamento ed esercizio dell'impianto

Va rilevato che le attività di riparazione sui cavi di potenza avverranno sempre in assenza di tensione e, quindi, in assenza di CEM. L'accesso all'area lavori sarà consentito solo a personale esperto formato e informato e l'attività di manutenzione sarà effettuata a impianto fermo.

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc.) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto non verranno trattate ai fini della valutazione.

I paragrafi che seguono forniscono una descrizione delle sorgenti individuate.

5.4.1 Macchine da cantiere, utensili elettrici, pistole ad aria calda

Per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e del sistema BESS, si prevede la realizzazione di opere civili quali:

- ✓ Recinzioni;
- ✓ Viabilità di servizio;
- ✓ Opere di fondazione;
- ✓ Opere di sostegno in acciaio zincato;
- ✓ Collocazione in opera di prefabbricati a costituire le cabine elettriche a servizio dell'impianto fotovoltaico e del sistema BESS;
- ✓ Costruzione della SSEU.

Si prevede inoltre:

- ✓ Installazione pannelli fotovoltaici;
- ✓ Installazione quadri di parallelo di campo (string box) e inverter;
- ✓ Installazione di quadri BT, trasformatori BT/MT e quadri MT;
- ✓ Installazione di quadri MT, trasformatore MT/BT, quadro ausiliari, quadro ausiliari UPS;
- ✓ Installazione sistema scada;
- ✓ Installazione di tutta l'impiantistica di servizio degli edifici;
- ✓ Installazione dell'impianto di monitoraggio;
- ✓ Installazione dell'impianto di sorveglianza;
- ✓ Installazione dell'impianto di messa a terra;
- ✓ Posa in opera degli elettrodotti in BT, MT, AT.

Per la concreta attuazione di quanto su elencato, saranno utilizzate macchine da cantiere

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	21

afferenti alle seguenti tipologie:

- ✓ escavatore,
- ✓ macchina battipalo/trivella per pali,
- ✓ autobetoniera,
- ✓ autopompa per calcestruzzo,
- ✓ gru di portata variabile a seconda dei carichi da sollevare,

nonché diverse tipologie di utensili manuali elettrici, da utilizzare per l'installazione di tutti gli apparati elettrici.

5.4.2 Impianto fotovoltaico

Relativamente alla sola componentistica elettrica, il parco fotovoltaico nel suo complesso risulta composto da:

- ✓ Moduli fotovoltaici;
- ✓ String box/inverter;
- ✓ N. 4 cabine MTR (Main Technical Room) per la connessione e la distribuzione, nella quale verranno convogliate tutte le linee MT che provengono dai vari sottocampi (siano essi formati dalla singola PS o da gruppi di PS collegate in entra-esce);
- ✓ N. 15 Power Station (PS). Le Power Station avranno la funzione (dopo che l'energia sia stata convertita da corrente continua a corrente alternata tramite gli inverter in esse presenti) di elevare la tensione da bassa a media tensione; il sistema prevede un collegamento ove possibile in entra-esce o alternativamente in modo diretto con le cabine principali di impianto. Ciascun sottocampo così creato, sarà elettricamente indipendente dagli altri: le Power Station trasporteranno potenza variabile da 3260,6 kW sino a 5658,1 kW.

5.4.3 Sistema BESS

Il sistema, come evidenziato nello Schema elettrico unifilare, a seconda della soluzione tecnica finale, sarà presumibilmente costituito da:

- n°40 container (20 ft) di batterie lithium-ion aventi una capacità energetica utile pari rispettivamente a circa 3,0 MWh;
- n°3 unità di conversione PCS (POWER CONVERSION SYSTEM) Power Station FSK HV C Series 1.500 Vdc con sistema di conversione DC/AC da 7,86 MVA;
- n°1 unità di conversione PCS (POWER CONVERSION SYSTEM) Power Station FSK HV C Series 1.500 Vdc con sistema di conversione DC/AC da 3,93 MVA;
- Sistema interno BT di alimentazione dei servizi ausiliari e dei servizi generali di ciascuna unità accumulo;
- N°1 dorsale in MT a 30 kV, interrata per il collegamento delle 4 unità di conversioni al quadro MT presente in cabina MTR4 sita in adiacenza ai container di storage.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	22

5.4.4 Elettrodotti in BT e MT

Come anticipato gli elettrodotti afferiscono alle seguenti tipologie:

Elettrodotti BT di interconnessione tra:

- ✓ pannelli e stingbox-inverter;
- ✓ inverter e Power Station.

Inoltre, si rileva l'elettrodotto BT di alimentazione dei servizi ausiliari e dei servizi generali di ciascuna unità accumulo (BESS).

Elettrodotti MT di interconnessione tra:

- ✓ Power Station e MTR
- ✓ MTR – BESS - SSE Utente.

I cavi BT sono di due tipologie:

- ✓ AC, Corrente Alternata, con tensione 0,6/1 kV.
- ✓ CC, Corrente Continua con tensione 1,5 kV.

I cavi in AC presentano le seguenti caratteristiche:

- ✓ **Anima:** Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto.
- ✓ **Isolante:** Gomma HEPR ad alto modulo qualità G16 che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche.
- ✓ **Rivestimento interno:** Riempitivo/guainetta di materiale non igroscopico.
- ✓ **Guaina:** In PVC speciale di qualità R16, colore grigi.

I cavi in CC presentano le seguenti caratteristiche:

- ✓ **Anima:** Rame stagnato elettroliticamente, intrecciato finemente, classe 5, nel rispetto della norma IEC 60228.
- ✓ **Isolamento:** Reticolo HEPR 120 °C.
- ✓ **Rivestimento esterno:** Reticolo in elastomero EVA 120 °C. Isolamento e rivestimento sono uniti solidalmente (due strati di isolamento).
- ✓ **Schermo protettivo:** TECSUN (PV) © con treccia aggiuntiva fatta da fili di rame stagnato (superficie di copertura > 80%) a formare un elemento di protezione contro urti e roditori.

I cavi in CC saranno alloggiati all'interno di una canaletta metallica agganciata alla struttura di sostegno dei pannelli per poi connettersi allo string box che si trova in adiacenza all'inverter.

I cavi in CA partono dall'inverter e sono posati all'interno di cavidotti interrati a una profondità di 1,00 m.

Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata e del numero di stringhe collegate (si ricordi che le stringhe sono gruppi di pannelli).

Tutti i cavi MT, di cui si farà utilizzo sia per il collegamento interno dei campi che per la connessione alla SSE Utente, saranno del tipo standard 18/30 kV.

Si tratta di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	23

termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di mescola estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva.

I cavi verranno interrati ad una profondità pari a 1,10 m per tutte le tratte di collegamento. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV.

5.4.5 Elettrodotta in AT

Il parco fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 220/30 kV, da ubicarsi presso il Comune di Monreale e più precisamente immediatamente a Nord delle aree di impianto (vedasi elaborati grafici di progetto per ulteriori dettagli).

Dalla SSEU partirà la linea in cavo AT interrato per il collegamento alla Stazione elettrica Terna, fino ad arrivare sul sistema di sbarre esistente presso la stazione del Gestore.

L'elettrodotta in oggetto sarà costituita da una terna di cavi AT in alluminio con isolamento XPLE, tensione di esercizio 220 kV, in formazione 3x1x1600 mm², posato ad una profondità minima di 1,50 m.

5.4.6 Sottostazione Utente di Trasformazione 30/220 kV

Il parco agro-fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 220/30 kV, da ubicarsi presso il Comune di Monreale, in provincia di Palermo in C/da Volta di Falce (particella n. 656 e 653 del foglio 155), nelle immediate vicinanze della Stazione elettrica (SE) Terna 220 kV "Monreale" di futura realizzazione (connessione entra-esce sulla linea a 220 kV "Partinico-Partanna". L'elevazione della tensione da 20 kV a 220 kV avverrà per il tramite di un trasformatore MT/AT di potenza pari a 50/63 MVA.

La Sottostazione produttore X-ELIO interessa un'area di forma rettangolare di larghezza pari a circa 32,5 m e di lunghezza pari a circa 37,0 m, interamente recintata accessibile e tramite un cancello carrabile largo 7,00 m. Il sito è accessibile dalla Regia Trazzera

5.5 CONTROLLO DEI LIVELLI DI AZIONE (LA) E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI

I **Livelli di Azione LA** sono definiti negli allegati II e III della Direttiva EMF. La Direttiva definisce una serie di LA differenti, alcuni dei quali applicabili simultaneamente. I LA riguardano gli effetti diretti o indiretti.

Per frequenza pari a 0 e alle basse frequenze (caso in esame), i campi elettrici e magnetici possono essere considerati indipendenti (la cosiddetta «approssimazione quasi-statica») ed entrambi inducono campi elettrici nel corpo. Pertanto, alle basse frequenze esistono LA per i campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per la corrente di contatto.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	24

Con **Paumentare della frequenza**, i campi provocano un accoppiamento più intenso e l'interazione con il corpo si modifica, producendo una deposizione di energia che a sua volta provoca effetti termici. Per queste frequenze ci sono LA per i campi elettrici e magnetici. A frequenze superiori a 6 GHz, esiste un LA supplementare per la densità di potenza, che è correlato all'intensità dei campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per le correnti indotte attraverso gli arti, a loro volta correlati agli effetti termici, e per le correnti di contatto.

Se i LA non sono superati, si può ipotizzare che le esposizioni siano conformi ai VLE e che non sono necessarie ulteriori valutazioni.

In talune circostanze il superamento di alcuni LA può comunque essere accettabile.

Se i LA sono superati, è necessario proseguire con il controllo dei VLE.

5.5.1 Campi magnetici statici

I campi magnetici statici sono prodotti in Corrente Continua (frequenza compresa tra 0 ed 1 Hz). In questo caso occorre verificare il rispetto del LA rispetto ai campi magnetici statici, in particolare ai limiti dell'induzione magnetica imposti nella seguente tabella:

LA per induzione magnetica di campi magnetici statici	
Rischi	LA(B ₀)
Interferenza con dispositivi impiantati attivi, ad esempio stimolatori cardiaci	0,5 mT
Rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità (> 100 mT)	3 mT

Tabella B4 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

Per la definizione dei LA, si è fatto riferimento alle misure sperimentali effettuate da ARPA Emilia Romagna, Sezione Provinciale di Ravenna, nel documento dal titolo **Relazione su misure di induzione magnetica presso impianti fotovoltaici nel territorio provinciale**, del 16 febbraio 2012. **In particolare, le misurazioni effettuate per il campo magnetico statico hanno restituito valori variabili da 0,5 a 0,8 Gauss che corrispondono a 0,08 mT, ben al di sotto dei valori indicati dalla precedente tabella.** Quanto detto si può certamente applicare al sistema BESS, in quanto si prevedono anche in questo caso campi magnetici statici in CC.

5.5.2 Campi magnetici a bassa frequenza

Per i campi a bassa frequenza (1 Hz – 10 MHz) la Direttiva EMF esprime i valori limite per gli effetti sanitari in funzione del campo elettrico interno inteso come valore di picco spaziale per l'intero corpo del soggetto esposto. Per gli effetti sensoriali viene fissato un limite solo per il range di frequenze compreso tra 1 Hz e 400 Hz per una azione di protezione dagli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale e da effetti transitori quali l'induzione di fosfeni

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	25

retinici e modifiche minori di determinate funzioni cerebrali che si manifestano solo per gli intervalli di frequenza considerati nel quadro normativo. Anche in questo caso la quantità dosimetrica considerata è il campo elettrico interno limitato ai valori di picco spaziale nella testa del soggetto esposto.

Di seguito le tabelle con indicazione dei limiti di riferimento al variare della frequenza.

LA per esposizione a campi elettrici compresi tra 1 Hz e 10 MHz		
Gamma di frequenza	Intensità di campo elettrico LA(E) inferiori [Vm^{-1}] (RMS)	Intensità di campo elettrico LA(E) superiori [Vm^{-1}] (RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella B1 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

LA per esposizione a campi magnetici compresi tra 1 Hz e 10 MHz			
Gamma di frequenza	Induzione magnetica LA (B) inferiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA (B) superiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA per esposizione arti a campo magnetico localizzato [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella B2 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

I LA per corrente di contatto I_C	
Frequenza	LA (I_C) corrente di contatto stazionaria [mA] (RMS)
fino a 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100$ kHz	$0,4 f$
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10\,000$ kHz	40

Tabella B3 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

I dati appresso indicati discendono da misure sperimentali effettuate da ARPA Emilia Romagna, Sezione Provinciale di Ravenna, nel documento dal titolo **Relazione su misure di induzione magnetica presso impianti fotovoltaici nel territorio provinciale**, del 16 febbraio 2012.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	26

Punto di misura	Induzione magnetica [μT]
Inverter	20-50
PS (interno)	20-50
PS (esterno)	5-10
MTR (interno)	20-50
MTR (esterno)	5-10

I dati su indicati possono essere ritenuti validi anche per le cabine elettriche del sistema BESS. Per l'induzione magnetica, si assume come valore atteso quello massimo misurato: **20-50 μT** . Con riferimento all'intensità del campo elettrico, non sono state rilevate misure sperimentali di letteratura. Tuttavia, va ricordato che l'intensità del campo elettrico è funzione della tensione dell'elettrodotto. Maggiore è la tensione dell'elettrodotto, maggiore è l'intensità di campo elettrico prodotto. Nel caso in esame gli elettrodotti in BT lavorano alla tensione massima di 1,5 kV, mentre i trasformatori BT/MT interni alle PS elevano la tensione a valori massimi di 20 kV: nel caso peggiore l'intensità del campo elettrico sarà certamente inferiore a **500 V/m**. Le tabelle che seguono mostrano il confronto tra i valori attesi e i LA, con riferimento alla sorgente CEM per la quale è necessario effettuare la valutazione:

Denominazione sorgente:	Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici e su BESS		
Frequenza F (Hz):	50,00		
Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	LA limite	Controllo L.A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	< 500	10.000,00	\leq L. A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	< 500	20.000,00	\leq L. A.
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	20-50	1.000,00	\leq L. A.
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	20-50	6.000,00	\leq L. A.
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	\leq L. A.
Corrente di contatto I_c [mA]	<1,00	1,00	\leq L. A.
Risultato controllo superamento L. A. sorgente:			\leq L. A.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	27

Denominazione sorgente:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici ✓ Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici ✓ Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici 		
Frequenza F (Hz):	50,00		
Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	LA limite	Controllo LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	< 500	10.000,00	≤ LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	< 500	20.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	20-50	1.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	20-50	6.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ LA
Corrente di contatto I_c [mA]	<1,00	1,00	≤ LA
	<i>Risultato controllo superamento LA sorgente:</i>		≤ LA

In entrambi i casi, si registra il non superamento dei LA.

Per quanto riguarda il campo elettrico di linee elettriche aeree, cui il presente cavidotto AT interrato può essere assimilabile, misure sperimentali evidenziano quanto segue:

Tipologia di linea aerea	Range di campo elettrico misurato a terra [V/m]
Linea 380 kV	da 7.000 a 8.000
Linea 220 kV	da 2.000 a 3.000
Linea 132 kV	da 1.000 a 2.000
Linea 15 kV	da 100 a 150

Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

Si assume come valore atteso quello di **3.000 V/m** per linea a 220 kV.

Per quel che concerne l'induzione magnetica, sempre le misure sperimentali danno i seguenti valori:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	28

Tipologia di linea aerea	Range di induzione magnetica misurata a terra [mT]
Linea 380 kV	da 20 a 22
Linea 220 kV	da 16 a 18
Linea 132 kV	da 14 a 16
Linea 15 kV	da 1 a 3,6

Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

Si assume come valore atteso quello di **18 mT** per linea a 220 kV.

Le tabelle che seguono mostrano il confronto tra i valori attesi e i LA, con riferimento alla sorgente CEM per la quale è necessario effettuare la valutazione:

Denominazione sorgente:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici ✓ Cavidotto interrato 30/220 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici 		
Frequenza F (Hz):	50,00		
Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	LA limite	Controllo LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	3.000,00	10.000,00	≤ LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	3.000,00	20.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	18,00	1.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	18,00	6.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ LA
Corrente di contatto I_c [mA]	<1,00	1,00	≤ LA
Risultato controllo superamento LA sorgente:			≤ LA

Si registra, per il caso in oggetto, il non superamento dei LA.

Con riferimento alle macchine da cantiere, agli utensili da lavoro e alle pistole ad aria calda, si fanno le seguenti riflessioni.

L'approvazione della Direttiva europea 2012/11/CE (modifica della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici) ha posto l'attenzione sul problema delle emissioni di campi elettromagnetici in ambiente lavorativo e della conseguente esposizione da parte dei lavoratori.

Il testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro (D. Lgs. 81/2008) obbliga il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, con specifico riferimento alla

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDR+018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	29

valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici e, fra questi, ai campi elettromagnetici.

Per fare questo il datore di lavoro deve valutare l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici conformemente alle norme di riferimento e sulla base delle tipologie di apparecchiature, impianti e macchine presenti nel luogo di lavoro e, dove necessario, **deve procedere con misurazioni strumentali per verificare il rispetto dei limiti previsti dalla normativa.**

Sia la direttiva 2004/40/CE che il D. Lgs. 81/2008 prevedono che i datori di lavoro mettano a disposizioni dei lavoratori macchine ed apparecchiature sicure e, nel caso specifico, che non comportino rischi di esposizione a campi elettromagnetici per i lavoratori esposti.

Il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute 1.5.10 della direttiva 2006/42/CE (Direttiva Macchine) stabilisce che *“le emissioni indesiderabili di radiazioni da parte della macchina (comprese quelle non ionizzanti, di cui i campi elettromagnetici fanno parte) devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*. Si aggiunge inoltre che *“ogni emissione di radiazioni non ionizzanti funzionali durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura deve essere ridotta a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*.

È quindi necessario, da parte del fabbricante, valutare se la macchina dia origine a campi elettromagnetici potenzialmente pericolosi per le persone esposte, con particolare riferimento alle postazioni in cui è prevista la presenza dell'operatore.

Bisogna sottolineare che, come previsto dal requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute 1.7.4.2 (contenuto delle istruzioni), la Direttiva Macchine prevede che il manuale di istruzioni debba contenere:

- ✓ *le informazioni in merito ai rischi residui che permangono, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione della macchina e malgrado le protezioni e le misure di protezione complementari adottate;*
- ✓ *le istruzioni sulle misure di protezione che devono essere prese dall'utilizzatore, incluse, se del caso, le attrezzature di protezione individuale che devono essere fornite;*
- ✓ *se la macchina può emettere radiazioni non ionizzanti che potrebbero nuocere alle persone, in particolare se portatrici di dispositivi medici impiantabili attivi o non attivi, le informazioni riguardanti le radiazioni emesse per l'operatore e le persone esposte.*

Inoltre, il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute, della direttiva macchine, 1.7.4.3 prescrive che *“le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono le caratteristiche delle prestazioni della macchina devono contenere le stesse informazioni delle istruzioni per quanto concerne le emissioni”*. Quindi, in presenza di campi elettromagnetici significativi, bisognerebbe indicare nel manuale di istruzioni anche il valore rilevato dalle misure strumentali e la relativa classificazione.

Risulta evidente che tali prescrizioni hanno il duplice obiettivo di incentivare la riduzione di

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	30

emissioni di radiazioni da parte delle macchine (campi elettromagnetici, radiazioni ottiche, ecc.) e di fornire gli strumenti necessari, al datore di lavoro, per adempiere ai propri obblighi in materia di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro in cui la macchina verrà installata.

La valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, emesse dal macchinario, effettuata dal fabbricante (con riferimento alla norma UNI EN 12198, armonizzata ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE) permette di definire la corretta classificazione della macchina. La valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, se necessario, consente anche di prendere idonee misure di protezione per l'eliminazione o la riduzione dei rischi connessi con l'esposizione a tali emissioni.

Se è vero che la valutazione dei rischi presenti sul luogo di lavoro compete al datore di lavoro, che ha installato la macchina, è anche vero che detta valutazione potrebbe essere stata fatta sulla base delle informazioni fornite dal fabbricante, che devono essere complete e corrette.

A tal proposito la norma UNI EN 12198 stabilisce che, nella procedura per la valutazione del rischio dovuto all'emissione di radiazioni da un macchinario, è possibile ignorare alcune tipologie di emissioni definite "trascurabili" basandosi sull'esperienza, sui calcoli e sulle misurazioni di tecnici esperti. Un aiuto in tal senso viene dato dalla norma CEI EN 50499, che fornisce un **elenco apparecchiature considerate "conformi a priori"** in quanto le emissioni originate sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione 1999/519/CE sulle esposizioni a campi elettromagnetici per la popolazione.

Fanno parte di questo elenco:

- ✓ apparecchiatura di illuminazione (escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF);
- ✓ computer e apparecchiature IT;
- ✓ telefoni mobili e telefoni senza filo;
- ✓ caricabatterie per il normale uso domestico, destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle fattorie (trattati nella norma CEI EN 60335-2-29);
- ✓ apparecchiature audio e video (esclusi i tipi speciali, che utilizzano trasmettitori radio usati tipicamente nel settore delle radiodiffusioni);
- ✓ antenne delle stazioni base (solo per distanze dall'antenna superiori a quelle di sicurezza definite per l'esposizione della popolazione);
- ✓ apparecchiature portatili alimentate a batteria, esclusi i trasmettitori a radio frequenza;
- ✓ apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali (esclusi i riscaldatori a microonde);
- ✓ strumentazione, apparecchiature di misura e controllo;
- ✓ reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell'elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro; in questo caso le esposizioni ai campi elettrici e magnetici devono essere considerate separatamente.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	31

- ✓ tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;
- ✓ tutti i circuiti singoli all'interno di un'installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;
- ✓ tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A;
- ✓ sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.);
- ✓ tutti i conduttori aerei nudi.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:

- ✓ tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale;
- ✓ tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV;
- ✓ le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro;
- ✓ le linee aeree che sorvolano il luogo di lavoro di qualsiasi tensione, se il luogo di lavoro è all'interno.

Se la macchina non ricade fra queste tipologie sarà necessario procedere con le misurazioni strumentali al fine di valutare il livello di emissione di radiazioni, assegnare la corretta categoria di emissione, determinare le misure di protezione appropriate e fornire le informazioni necessarie agli utilizzatori della macchina.

Pertanto, si ritiene più corretto rinviare la definizione quantitativa dei CEM elettromagnetici prodotti da macchine e utensili da lavoro nell'ambito delle valutazioni preliminari del datore di lavoro prima che inizino le attività.

Si può comunque, ipotizzare, che i valori di campo elettrico e induzione magnetica di macchinari da cantiere e utensili elettrici siano paragonabili a quelli definiti per gli elementi costitutivi dell'impianto fotovoltaico.

5.6 CONTROLLO DEI VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE) E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI

5.6.1 Campi magnetici statici

Se la frequenza è compresa tra 0 ed 1 Hz occorre verificare il rispetto del VLE rispetto ai campi magnetici statici, in particolare ai limiti dell'induzione magnetica imposti nella seguente tabella:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	32

VLE per un'induzione magnetica esterna (B_0) compresa tra 0 e 1 Hz	
VLE relativi agli effetti sensoriali	
Condizioni di lavoro normali	2 T
Esposizione localizzata degli arti	8 T
VLE relativi agli effetti sanitari	
Condizioni di lavoro controllate	8 T

Tabella A1 Direttiva 2013/35/UE

Come risulta dai paragrafi precedenti, tutte le sorgenti risultano avere emissioni inferiori ai LA e, pertanto, non sono presenti sorgenti per cui occorre verificare il superamento dei VLE.

5.6.2 Campi magnetici a bassa frequenza

I Valori Limite di Esposizione VLE sono definiti negli allegati II e III della Direttiva EMF. Per i campi a bassa frequenza (**1 Hz – 10 MHz**) la Direttiva EMF esprime i valori limite per gli effetti sanitari in funzione del campo elettrico interno inteso come valore di picco spaziale per l'intero corpo del soggetto esposto. Per gli effetti sensoriali viene fissato un limite solo per il range di frequenze compreso tra 1 Hz e 400 Hz per una azione di protezione dagli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale e da effetti transitori quali l'induzione di fosfeni retinici e modifiche minori di determinate funzioni cerebrali che si manifestano solo per gli intervalli di frequenza considerati nel quadro normativo. Anche in questo caso la quantità dosimetrica considerata è il campo elettrico interno limitato ai valori di picco spaziale nella testa del soggetto esposto.

Le tabelle che seguono mostrano i VLE relativi ad effetti sanitari e agli effetti sensoriali.

VLE relativi agli effetti sanitari per un'intensità di campo elettrico interno compresa tra 1 Hz e 10 MHz	
Gamma di frequenza	VLE relativi agli effetti sanitari
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Tabella A2 Direttiva 2013/35/UE

VLE relativi agli effetti sensoriali per un'intensità di campo elettrico interno compresa tra 1 Hz e 400 Hz	
Gamma di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Tabella A3 Direttiva 2013/35/UE

Come risulta dai paragrafi precedenti, tutte le sorgenti risultano avere emissioni inferiori ai LA

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	33

e, pertanto, non sono presenti sorgenti per cui occorre verificare il superamento dei VLE.

5.7 VERIFICA DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO DI CUI ALLA RACCOMANDAZIONE 1999/519/CE (0 - 300 GHz)

Nel presente paragrafo si porrà l'attenzione sui livelli di riferimento relativi ai lavoratori particolarmente a rischio (portatori di dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza, ecc.), per i quali risulta necessaria una valutazione separata che si esegue confrontando i valori misurati o desunti dai dati del fabbricante con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq (W/m ²)
0-1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1-8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000 / f$	$5000 / f$	-
0,025-0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0,8-3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
1-10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Raccomandazione 1999/519/CE - Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)

Gamma di frequenza	Corrente di contatto massima (mA)
0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz - 100 kHz	0,2 f
100 kHz - 110 MHz	20

Raccomandazione 1999/519/CE - Livelli di riferimento per le correnti di contatto da oggetti conduttori

In questa sede verrà valutato in via preventiva il valore di campo stimato generato dalle sorgenti, confrontandolo con i valori limite.

Tuttavia, si rimanda alla fase esecutiva con le misure effettive di campo, prima di autorizzare l'ingresso dei lavoratori particolarmente a rischio nelle aree interessate dall'emissione dei CEM di cui alle sorgenti seguenti (i valori attesi discendono dalle considerazioni di cui al par. 5.5):

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	34

Denominazione sorgente:	Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici e su BESS		
Frequenza F (kHz):	0,05		
Condizioni di rischio:	Dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza		
	Valore atteso	Valore Limite	Controllo VL
Intensità di campo E [V/m]	< 500	5.000,00	≤ VL
Intensità di campo H [A/m]	15-35	80,00	≤ VL
Campo B [μT]	20-50	100,00	≤ VL
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m ²]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	<0,50	0,50	≤ VL

Risultato controllo superamento VL sorgente: ≤ VL

Denominazione sorgente:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici ✓ Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici ✓ Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A - compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. - esposizione a campi magnetici ✓ Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici 		
Frequenza F (kHz):	0,05		
Condizioni di rischio:	Dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza		
	Valore atteso	Valore Limite	Controllo VL
Intensità di campo E [V/m]	3.000	5.000,00	≤ VL
Intensità di campo H [A/m]	15-35	80,00	≤ VL
Campo B [μT]	18	100,00	≤ VL
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m ²]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	< 0,50	0,50	≤ VL

Risultato controllo superamento VL sorgente: ≤ VL

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	35

In entrambi i casi, si registra il non superamento dei VL.

5.8 ESITO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Poiché tutti i valori risultano inferiori rispetto ai LA, il rischio viene valutato **BASSO**: pertanto, il rischio risulta **ACCETTABILE**, e non è necessario procedere alla valutazione successiva (superamento dei VLE).

Si possono pertanto escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Va, comunque, ricordato che la valutazione dei CEM va effettuata certamente per i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi che utilizzeranno macchine da cantiere o utensili da lavoro elettrici. In questo caso sarà cura del datore di lavoro procedere con la valutazione prima di consentirne l'uso.

Il datore di lavoro deve assicurarsi che l'esposizione dei lavoratori ai CEM non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'Allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008.

Qualora l'esposizione dei lavoratori ai CEM superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro dovrà adottare misure immediate in conformità all'articolo 210, comma 7 del D. Lgs. 81/2008.

D'altra parte, si considera che i VLE siano rispettati qualora il datore di lavoro dimostri che i pertinenti LA di cui all'allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008 non siano stati superati. Il rispetto dei LA garantisce, infatti, il rispetto dei pertinenti VLE.

Nel caso in cui l'esposizione superi i LA, il datore di lavoro dovrà adottare misure in conformità all'articolo 210 del D. Lgs. 81/2008, salvo che la valutazione effettuata ai sensi dell'articolo 209, comma 1 del D. Lgs. 81/2008, dimostri che non siano superati i pertinenti VLE e che possono essere esclusi rischi per la sicurezza.

Va in ultimo puntualizzato che la valutazione del rischio **BASSO** per tutte le mansioni e senza alcuna limitazione di accesso alle parti elettriche o alle cabine, deve essere convalidata dal Medico Competente in quanto, se ci fossero lavoratori con limitazioni (es. patologie cardiache, portatori di elettrostimolatori impiantati, ecc..) questi dovrebbero essere allertati e gestiti di conseguenza in modo da non essere sottoposti al rischio.

5.9 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI SICUREZZA

Malgrado siano rispettati i LA e il rischio di esposizione ai CEM sia valutato **BASSO** di seguito si identificano alcune misure di mitigazione del rischio.

Il personale dovrà essere adeguatamente formato, informato ed addestrato in merito a:

- misure adottate in applicazione alle normative di riferimento;
- entità e al significato dei VLE e dei LA, nonché ai possibili rischi associati e alle misure preventive adottate;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	36

- eventuali effetti indiretti dell'esposizione;
- risultati della valutazione, della misurazione o del calcolo dei livelli di esposizione ai CEM rilevati;
- eventuali sintomi e sensazioni temporanei dovuti a effetti sul sistema nervoso centrale o periferico;
- diritto a una sorveglianza sanitaria;
- procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione.

La formazione dovrà essere particolarmente curata per lavoratori esposti a rischi particolari, ovvero per coloro che sono dotati di dispositivi medici impiantati attivi o passivi o dispositivi medici portati sul corpo e le lavoratrici in gravidanza che abbiano segnalato la propria condizione al datore di lavoro.

Inoltre, ai fini della prevenzione degli effetti indiretti dell'esposizione, il personale dovrà essere formato in particolare sui seguenti elementi, relativi ai macchinari individuati come fonti di campi elettromagnetici:

- casi di controindicazione all'esposizione ai campi elettromagnetici emessi dai macchinari;
- corrette modalità comportamentali da adottare in prossimità dei macchinari, che in genere comprendono il divieto di introdurre oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche all'interno dell'area, se non espressamente autorizzate dal responsabile della sicurezza.

Nell'utilizzo delle attrezzature, dovranno essere seguite sempre le informazioni contenute nel manuale di istruzioni e nelle istruzioni operative. Nel caso di attrezzature particolarmente complesse, l'utilizzo è effettuato solo se si è abilitati e si è seguito il relativo corso di formazione.

Il datore di lavoro, nell'ambito della valutazione del rischio, dovrà anche prendere in considerazione la possibilità di rischi indiretti per la salute quali:

- interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici per campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
- incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche.

Nelle attività lavorative ove siano presenti macchinari o impianti emettitori di CEM, il datore di lavoro dovrà:

- prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni assolute o relative ai livelli di emissione degli apparati;
- ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai CEM irradiati da tali apparati.

È necessario che gli apparati emettitori di CEM siano installati in aree di lavoro adibite ad uso

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRr018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	37

esclusivo degli stessi e ad idonea distanza dalle altre aree di lavoro, ove il personale stazioni per periodi prolungati. Inoltre, per prevenire effetti indiretti, problemi interferenziali e per evitare esposizioni inutili, è importante evitare che in prossimità delle sorgenti di CEM vengano posizionati, se non previa idonea valutazione tecnica, oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche.

In generale la distanza di rispetto tra l'area di installazione dell'apparato, definita area ad accesso controllato, e le altre aree di lavoro, ad accesso libero, dipende dalle caratteristiche tecnologiche dell'apparecchiatura, e dovrà essere stimata dal datore di lavoro che effettua la valutazione del rischio.

Le aree di lavoro ove i valori di esposizione possono risultare superiori ai livelli di riferimento dovranno essere delimitate con cartelli di segnalazione di presenza di campi elettromagnetici, conformi alle normative vigenti in materia di segnaletica di sicurezza.

L'accesso a tali aree sarà consentito solo a personale autorizzato, previa valutazione dell'assenza di controindicazioni fisiche all'esposizione. L'accesso al personale non autorizzato dovrà essere interdetto possibilmente mediante barriere fisiche.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.18 – XELI774PDRrti018R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	38

6. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio quali-quantitativo volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare sui lavoratori e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali misure di prevenzione da porre in atto, al fine di garantire la tutela dei lavoratori dalle esposizioni ai CEM, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei CEM, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare i valori previsti da confrontare con Livelli di Azione, LA, e le classi di lavoratori soggette alle sorgenti, verificando per ciascuna di esse la compatibilità. Dallo studio risulta che tutti valori previsti risultano inferiori ai LA e, pertanto, il rischio è stato valutato **BASSO** e il rischio è risultato **ACCETTABILE**. Per tale motivo non risulta necessario procedere ad ulteriori adempimenti, oltre a quanto identificato nell'elenco delle misure di sicurezza.

Si possono, quindi, escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Tuttavia, si rimanda alla fase esecutiva con le misure effettive di campo, prima di autorizzare l'ingresso dei lavoratori particolarmente a rischio nelle aree interessate dall'emissione dei CEM di cui alle sorgenti individuate.

Il presente documento dovrà essere oggetto di approfondimento prima della fase realizzativa dell'opera, dettagliando i contenuti all'interno del Documento di Valutazione dei Rischi aziendale, con particolare attenzione alla valutazione del rischio CEM, ovvero nel Piano Operativo della Sicurezza, POS.

La valutazione dovrà essere condotta ai sensi del D. Lgs. 81/2008, e dovrà essere soggetta ad aggiornamento periodico, ove si verificano significative variazioni normative che potrebbero renderla superata.

La valutazione dei rischi dovrà essere condotta dal datore di lavoro e dal Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione, con la collaborazione del Medico Competente, per quanto di sua competenza e con il coinvolgimento preventivo del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza.