



**Regione Puglia
Provincia di Brindisi
Comune di Brindisi**

PROGETTO DEFINITIVO: IMPIANTO FV-PINICELLE



OGGETTO:

PROVVEDIMENTO UNICO AMBIENTALE (PUA) AI SENSI DELL'ART. 27 DEL D.LGS. 152/2006
 RELAZIONE TECNICA CAMPI ELETTRICI E CAMPI ELETTRICI E CAMPI ELETTRICI
 E DI TUTTE LE ATTIVITÀ CONNESSE ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA:

Provvedimento Unico Ambientale (PUA) ai sensi dell'art.27 del D.Lgs.152/2006

IL COMMITTENTE ENERGIE GREEN PUGLIA S.R.L. VIA XX SETTEMBRE N.69 - PALERMO (PA) P.IVA 06829690822 timbro e firma 		IL PROGETTISTA Ing. Giuseppe Santaromita Villa Collaboratori: Ing. Lo Bello Alessia Ing. Torrissi Roberta Ing. Messina Valeria Ing. Bazan Flavia Ing. Cavarretta Maria Vincenza Ing. Conoscenti Rosalia Ing. Lala Rosa Maria Ing. Lo Re Monica Ing. Mazzeo Melania Ing. Pintaldi Giulia Ing. Scacciaferro Anna timbro e firma 	
COD. ELAB: A19	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA CAMPI ELETTRICI E CAMPI ELETTRICI		
REVISIONE: REV.02	CODICE DI RINTRACCIABILITA': 201900072	DATA: 20/05/2022	
TIMBRO ENTE AUTORIZZANTE			

Sommario

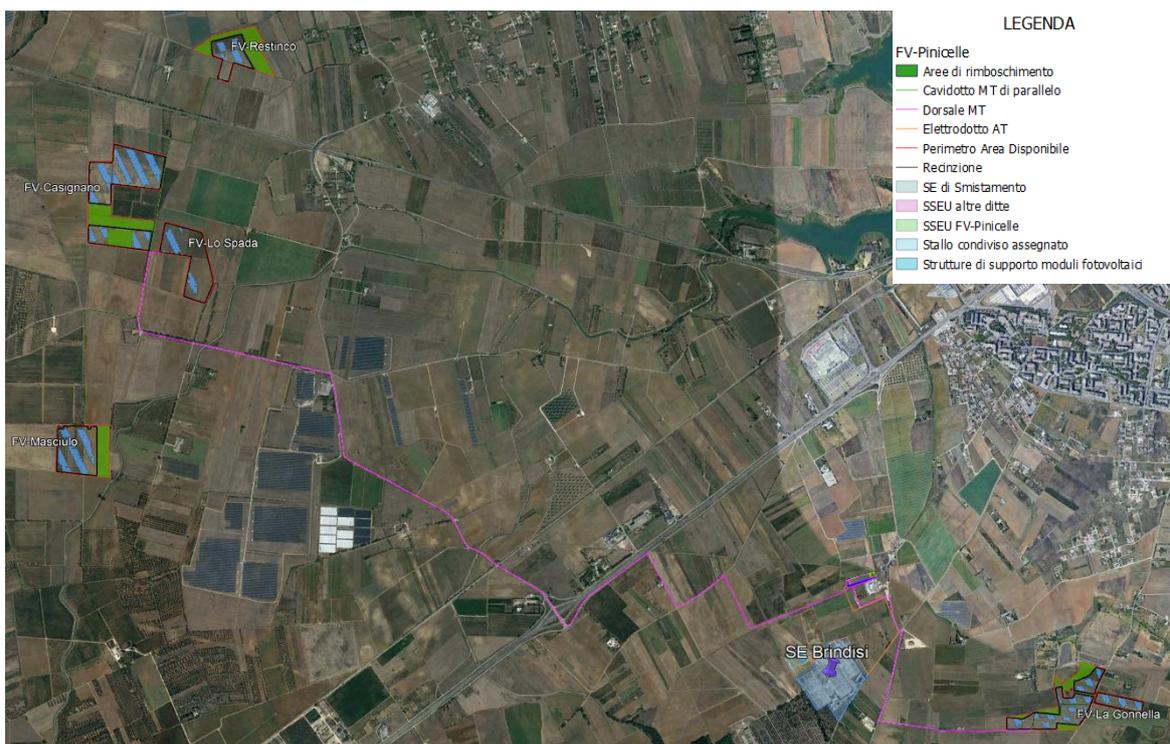
1.	Introduzione	3
2.	Premessa.....	4
3.	Dati generali del progetto.....	6
3.1	Elenco delle opere da realizzare	7
4.	Specifiche tecniche delle componenti dell'impianto	8
4.1	Specifiche tecniche dei moduli fotovoltaici	8
4.2	Specifiche tecniche degli inverter di stringa.....	12
4.3	Specifiche tecniche dei trasformatori	14
4.4	Specifiche tecniche delle strutture di sostegno.....	17
4.5	Cavi BT.....	18
4.6	Cavi MT.....	20
5.	Limiti di esposizione e valori di attenzione secondo il DPCM 8 luglio 2003	22
6.	Considerazioni preliminari alla valutazione	24
7.	Individuazione dei possibili ricettori sensibili	26
8.	Valutazioni di progetto.....	33
8.1	Cabine trafo	33
8.2	Collegamento in cavo interrato.....	34
8.3	Valutazione del progetto in relazione ai ricettori sensibili	36
9.	Interferenze elettromagnetiche per i lavoratori	37
9.1	Effetti sulla salute e rischi per la sicurezza derivanti dai campi elettromagnetici.....	37
9.1.1	Effetti diretti	37
9.1.2	Effetti a lungo termine.....	38
9.1.3	Effetti indiretti	38
9.2	Sorgenti di campi elettromagnetici	39
9.2.1	Lavoratori particolarmente a rischio	39
9.3	Calcolo o misurazione dell'esposizione	43

9.3.1	Disposizioni della direttiva relativa ai campi elettromagnetici	43
9.3.2	Valutazioni sul luogo di lavoro	43
9.4	Misure di protezione e prevenzione.....	43
9.4.1	Principi di prevenzione.....	44
9.4.2	Eliminazione del pericolo.....	44
9.4.3	Ricorso a processi o apparecchiature meno pericolose	44
9.4.4	Misure Tecniche	44
9.4.5	Misure organizzative	47
9.4.6	Dispositivi di protezione individuale	50
10.	Conclusioni	51
11.	Normativa di riferimento	52

1. Introduzione

La seguente relazione ha lo scopo di analizzare le possibili interferenze elettromagnetiche derivanti dalla realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico in progetto denominato **FV-Pinicelle** della potenza in immissione in rete di 26.000,00 kW in corrente alternata e una potenza di 29.328,00 kW in corrente continua, localizzato all'interno del territorio comunale di Brindisi (BR) e costituito da cinque sotto-impianti.

Il parco agro-fotovoltaico denominato FV-Pinicelle, meglio rappresentato nelle tavole di progetto, sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale tramite il collegamento delle dorsali MT interrate 30 kV alla SSEU FV-Pinicelle 150/30 kV, dove la tensione sarà successivamente convogliata tramite elettrodotto AT interrato 150 kV allo stallo condiviso assegnato, da realizzare in una futura stazione di smistamento 150 kV da costruire nelle immediate vicinanze della Stazione di Trasformazione 380/150 kV "Brindisi".



Lo scopo del presente documento è quello di fornire tutti gli elementi atti a dimostrare la rispondenza del progetto definitivo alle finalità dell'intervento.

2. Premessa

Il legislatore italiano identifica la popolazione in due macrocategorie:

- ✓ Lavoratori Professionalmente esposti: tutelati dalla Direttiva 2013/35/UE, D.Lgs 159 del 2016;
- ✓ Popolazione e lavoratori non professionalmente esposti: tutelati dal DPCM 8 luglio 2003.

Come stabilito dalla direttiva quadro, tutti i datori di lavoro hanno l'obbligo di valutare i rischi derivanti dalle attività che svolgono e di adottare misure di protezione o prevenzione al fine di ridurre i rischi individuati. La direttiva relativa ai campi elettromagnetici è stata adottata per aiutare i datori di lavoro a ottemperare agli obblighi generali stabiliti dalla direttiva quadro per il caso specifico dei campi elettromagnetici sul luogo di lavoro.

Ai fini della direttiva EMF, s'intendono per «campi elettromagnetici» campi elettrici statici, campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze sino a 300 GHz.

I campi elettromagnetici vengono prodotti da una vasta gamma di sorgenti alle quali i lavoratori possono essere esposti sul luogo di lavoro, possono anche essere incidentali, come i campi generati in prossimità dei cavi di distribuzione dell'energia elettrica all'interno degli edifici, oppure dovuti all'impiego di apparecchiature e dispositivi elettrici. Poiché gran parte dei campi è generata elettricamente, essi scompaiono quando l'alimentazione viene interrotta.

La direttiva relativa ai campi elettromagnetici riguarda gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai campi elettromagnetici. Gli effetti diretti sono suddivisi in effetti non termici, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali, ed effetti termici, come il riscaldamento dei tessuti. Gli effetti indiretti si verificano quando la presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico può costituire un pericolo per la sicurezza o la salute.

Il DPCM 8 luglio 2003 si riferisce alla popolazione e ai lavoratori non professionalmente esposti e fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

In materia di inquinamento elettromagnetico, una delle problematiche principali è l'esposizione ai campi elettrici e magnetici dispersi nell'ambiente dalle linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica, la cui frequenza (50 Hz in Europa) rientra nella cosiddetta banda ELF (30 - 300 Hz). I campi ELF "extremely low frequency", contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "campi

elettromagnetici quasi statici” e quindi da due entità distinte: il campo elettrico (generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea) e il campo magnetico (generato invece dalle correnti elettriche).

Gli elettrodotti generano sia un campo elettrico che un campo magnetico.

Il campo elettrico è direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, in maniera inversamente proporzionale alla distanza dai conduttori. Poiché i valori delle tensioni di linea variano poco con le correnti che le attraversano, l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia in base alla stagione. Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea (elementi che invece riducono l'intensità del campo elettrico), quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno.

Il rischio di esposizione per la popolazione a campi elettromagnetici legato all'esercizio dell'impianto, anche in considerazione della elevata distanza dello stesso dall'abitato (il sottopianto FV- La Gonnella più vicino al centro abitato di Brindisi, dista in linea d'aria circa 2,5 km dallo stesso) o da altri insediamenti e del fatto che i valori riscontrati si abbattano notevolmente già a breve distanza dalla fonte, come espresso di seguito, è da ritenersi trascurabile visto che, sia il campo elettrico che magnetico, diminuiscono con la distanza dalla linea elettrica.

3. Dati generali del progetto

Al fine di avere un quadro completo delle informazioni relative al progetto da realizzare si riportano di seguito le informazioni relative ai dati generali dell'impianto (compresi quelli del proponente e dello studio di progettazione). Si indicano di seguito i dati generali dell'impianto agro-fotovoltaico oggetto della relazione (denominazione, indirizzo, coordinate geografiche, inquadramento su IGM), inclusi i dati del proponente (nome società, indirizzo, P.IVA) e infine i dati dello studio di progettazione.

<u>Dati generali impianto</u>	
<i>Nome dell'impianto</i>	Impianto FV – Pinicelle
<i>Comune</i>	Brindisi (BR), 72100
<i>Dati catastali impianto</i>	Brindisi (BR) foglio 66 particelle 33, 34, 76, 83, 85, 87, 88, 89, 90, 96, 97, 132, 136, 140, 141, 142, 144, 145, 146 e 147 foglio 99 particelle 12, 37, 38, 39, 40, 52, 81 e 82 foglio 41 particelle 337, 347, 348, 349 e 421 foglio 42 particelle 16, 17, 18, 19, 20, 21, 60, 61, 62, 66, 73, 74, 75 e 76 foglio 108 particelle 109, 110 e 111 foglio 109 particella 98 foglio 133 particelle 24, 27, 28, 178, 179 e 270
<i>Dati catastali opere di connessione alla rete</i>	Brindisi (BR) foglio 99 particelle 1, 12, 37, 38, 85, 87, 88, 89, 90, 96, 97, 142 foglio 41 particelle 28, 337, 347 foglio 66 particelle 36, 95, 118, 126, 127, 142, 143, 313, 318, 322 foglio 103 particella 15 foglio 107 particelle 23, 28, 67, 69, 125, 126, 163, 164, 188, 191, 245, 246, 247, 248, 249, 548, 553, 555, 557, 559, 562, 564, 567, 573, 596, 919, 313, 318, 322 foglio 133 particelle 178, 141
<i>Identificazione</i>	IGM 50000: 476, 495 IGM 5000: 476154, 476153, 476163, 495031, 495044
<u>Dati generali proponente</u>	
<i>Ragione Sociale</i>	Energie Green Puglia S.r.l.
<i>Amministratore unico</i>	Dott.ssa Pucci di Benisichi Alessia
<i>Indirizzo</i>	Via XX Settembre, n° 69, Palermo (90141)
<i>Partita IVA</i>	06829690822
<u>Dati generali studio di progettazione</u>	
<i>Ragione Sociale</i>	Studio di Progettazione
<i>Progettista</i>	Ing. Giuseppe Santaromita Villa
<i>Codice Fiscale</i>	SNTGPP75M02I199Q
<i>Partita IVA</i>	02751790839
<i>Indirizzo</i>	Via Trazzera Marina 65/a – 98071 Capo d'Orlando (ME)
<i>E - mail</i>	giuseppegvill@hotmai.com

3.1 Elenco delle opere da realizzare

Al servizio del parco agro-fotovoltaico è prevista la realizzazione delle seguenti opere di cui si richiede l'autorizzazione:

- **cinque sotto-impianti di produzione di energia elettrica solare fotovoltaica** costituito da moduli fotovoltaici collocati su apposite strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (Tracker);
- realizzazione di una **rete BT in cavo interrato, interna ai siti dei cinque sotto-impianti**, per il collegamento elettrico delle stringhe fotovoltaiche, tramite gli **inverter di stringa**, ai trasformatori;
- posa in opera di n. **20 trasformatori**;
- posa in opera di n. **8 locali deposito**;
- posa in opera di n. **8 control room**;
- posa in opera di n. **7 cabine di parallelo**;
- **opere civili** quali, viabilità interna, recinzione perimetrale, mitigazione ambientale, posa cabine elettriche;
- **impianti di servizio**: illuminazione ordinaria locali tecnici ed illuminazione esterna, impianti di allarme e videosorveglianza;
- **impianto di terra**;
- realizzazione di una **rete MT in cavo interrato, interna ai siti dei cinque sotto-impianti**, per il collegamento elettrico dei trasformatori alle relative cabine di parallelo;
- realizzazione di una **rete MT di parallelo in cavo interrato a 30 kV** per il collegamento tra i singoli sotto-impianti a partire dalle rispettive cabine di parallelo;
- realizzazione di due **dorsali esterne in linea MT interrata a 30 kV** che collegheranno le cabine di parallelo, ubicate rispettivamente nei sotto-impianti FV-Lo Spada e FV-La Gonnella, con la nuova **Sottostazione Elettrica Utente (SSEU FV-Pinicelle)** collegata in AT allo stallo condiviso assegnato, da realizzare in una futura stazione di smistamento 150 kV da costruire nelle immediate vicinanze della Stazione di Trasformazione 380/150 kV "Brindisi".

Per i dettagli relativi alle modalità di connessione dell'impianto alla rete, si rimanda nello specifico al preventivo di connessione redatto da Terna S.p.A. codice pratica 201900072.

4. Specifiche tecniche delle componenti dell'impianto

4.1 Specifiche tecniche dei moduli fotovoltaici

Le caratteristiche costruttive dei moduli fotovoltaici, le caratteristiche delle strutture alle quali vengono fissati, insieme ai parametri scelti per il posizionamento delle stesse, sono tutti fattori che concorrono alla massimizzazione della producibilità energetica dell'impianto in relazione anche all'obiettivo di minimizzare la superficie di suolo occupata.

I moduli fotovoltaici scelti per l'intero parco agro-fotovoltaico sono del tipo "Trinasolar Vertex Bifacial Dual Glass - 555 Wp" con potenza effettiva di 594 Wp (o similari disponibili sul mercato) e sono composti da celle in silicio mono-cristallino del tipo bifacciale con una vita utile stimata di oltre 30 anni senza degrado significativo delle prestazioni.

Si riportano a seguire le caratteristiche dei moduli fotovoltaici.

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	530	535	540	545	550	555
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.11	17.16	17.21	17.24	17.29	17.35
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	18.19	18.24	18.30	18.35	18.39	18.43
Module Efficiency η_m (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	567	573	578	583	589	594
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.31	18.36	18.41	18.45	18.50	18.56
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	19.46	19.52	19.58	19.63	19.68	19.72
Irradiance ratio (rear/front)	10%					

Power Bifaciality: 70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	401	405	409	413	416	420
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	13.93	13.97	14.02	14.08	14.10	14.14
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	35.1	35.3	35.5	35.7	35.9	36.1
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	14.66	14.70	14.75	14.79	14.82	14.85

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	110 cells
Module Dimensions	2384×1096×30 mm (93.86×43.15×1.18 inches)
Weight	32.3 kg (71.2lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 720 pieces

Figura 4-1 - Parametri tecnici moduli fotovoltaici

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter. Ogni serie di moduli è inoltre munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

I moduli verranno orientati in direzione nord-sud, con un'inclinazione variabile (angolo di tilt) in modo da garantire la perpendicolarità tra il modulo e i raggi solari nell'arco dell'intera giornata.

Per completezza delle informazioni si riporta di seguito la scheda tecnica dei moduli fotovoltaici utilizzati.

Vertex

BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DEG19C.20

PRODUCT RANGE: 525-555W

555W

MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.2%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation;
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment



High power up to 555W

- Up to 21.2% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

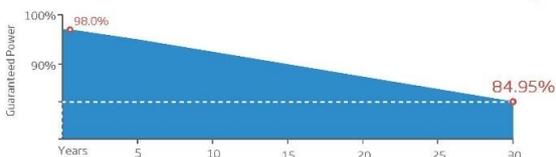
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature
- Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty

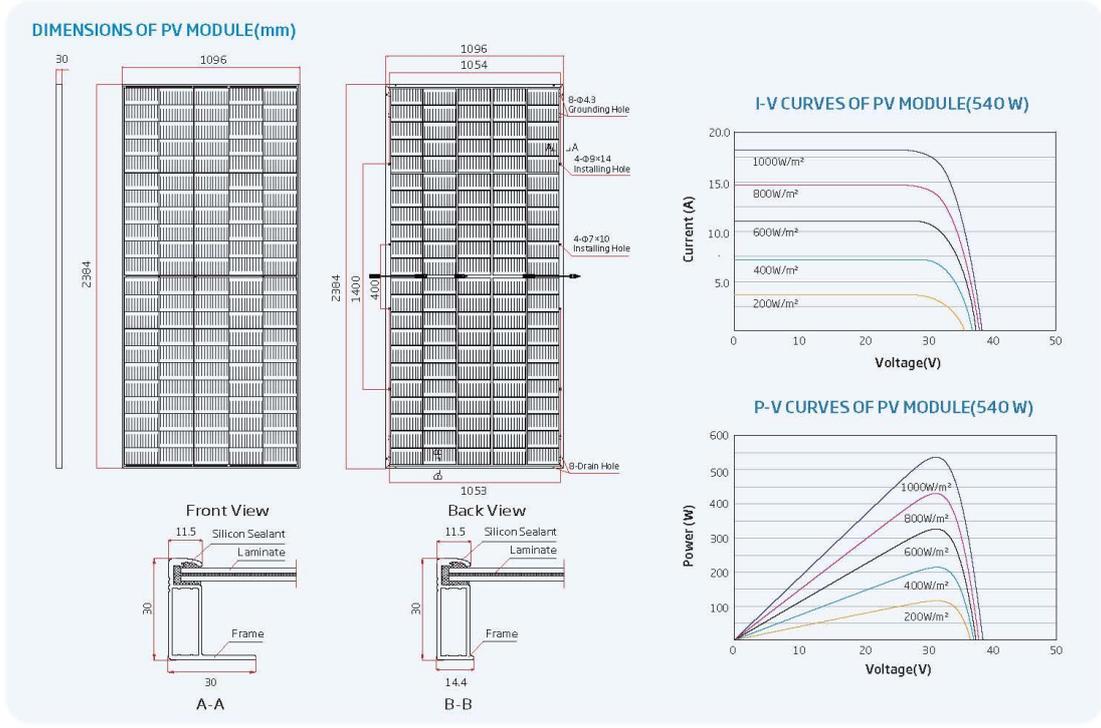


Comprehensive Products and System Certificates



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

Figura 4-2 Scheda tecnica dei moduli fotovoltaici_parte1



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	530	535	540	545	550	555
Power Tolerance-P _{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	17.11	17.16	17.21	17.24	17.29	17.35
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	18.19	18.24	18.30	18.35	18.39	18.43
Module Efficiency _m (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass A.M1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power -P _{max} (Wp)	567	573	578	583	589	594
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	18.31	18.36	18.41	18.45	18.50	18.56
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	19.46	19.52	19.58	19.63	19.69	19.72

Irradiance ratio (rear/front) 10%

Power Bifaciality: 70±5%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P _{max} (Wp)	401	405	409	413	416	420
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	13.93	13.97	14.02	14.08	14.10	14.14
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	35.1	35.3	35.5	35.7	35.9	36.1
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	14.66	14.70	14.75	14.79	14.82	14.85

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	110 cells
Module Dimensions	2384×1096×30 mm (93.86×43.15×1.18 inches)
Weight	32.3 kg (71.2 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches), Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
 30 year Power Warranty
 2% first year degradation
 0.45% Annual Power Attenuation
 (Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
 Modules per 40' container: 720 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
 © 2022 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
 Version number: TSM_EN_2022_A www.trinasolar.com

Figura 4-3 Scheda tecnica dei moduli fotovoltaici_parte2

4.2 Specifiche tecniche degli inverter di stringa

Gli inverter, gruppo di conversione di corrente da continua ad alternata, scelti per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico sono il modello "Huawei SUN2000-215KTL-H3" (o similari disponibili sul mercato), di potenza nominale pari a 200 kW.

La connessione delle stringhe ad ogni inverter avverrà direttamente ed ognuno di essi sarà destinato al collegamento di 14 o 15 stringhe. Sono previsti in totale un numero di inverter pari a 130 per un totale di 1899 stringhe. Come già specificato gli inverter verranno direttamente alloggiati con appositi sistemi di ancoraggio alle strutture, al di sotto dei moduli fotovoltaici, come mostrato a titolo di esempio nel dettaglio di seguito riportato. Si riporta, inoltre, di seguito la scheda tecnica del modello di inverter scelto.



Figura 4-4 - Modello inverter "Huawei SUN2000-215KTL-H3"

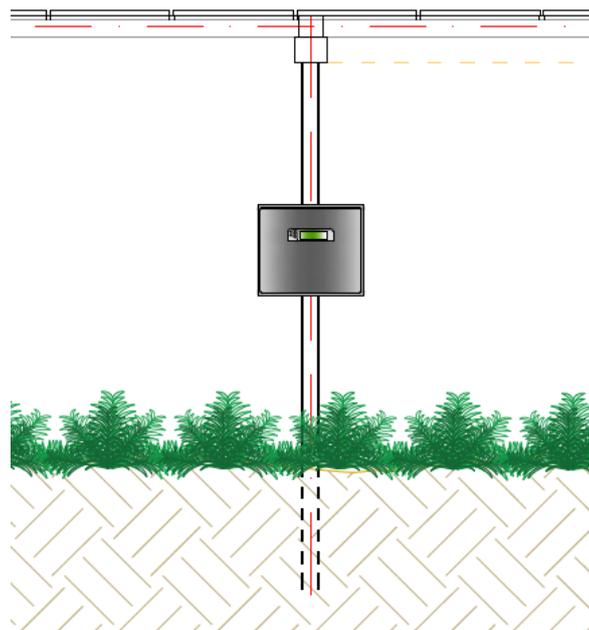


Figura 4-5 - Dettaglio alloggiamento dell'inverter sulle strutture dei moduli

SUN2000-215KTL-H3
Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

Figura 4-6 - Scheda tecnica dell'inverter

4.3 Specifiche tecniche dei trasformatori

L'energia elettrica prodotta dall'impianto, dagli inverter di stringa viene convogliata alle cabine di trasformazione che innalzano la tensione da 800 V a 30 kV. L'impianto è dotato di 1 trasformatore di potenza pari a 500 kVA, 12 trasformatori di potenza pari a 1000 kVA e 7 trasformatori di potenza pari a 2000 kVA. L'energia elettrica così trasformata sarà quindi convogliata, mediante cavidotti interrati MT e successiva Dorsale MT a 30 kV alla nuova Sottostazione Elettrica Utente 150/30 kV (SSEU FV-Pinicelle) collegata in AT alla Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV "Brindisi" esistente.

Saranno utilizzati **trasformatori in resina** (da **500 kVA**, da **1000 kVA** e da **2000 kVA**) dei quali si riportano di seguito le schede tecniche a titolo esemplificativo.



Green efficiency

IN RESINA

TR-PA

da 100 a 3150 kVA - 17,5 - 24 kV
 perdite Ao - Ak in accordo
 CEI EN 50541-1

GENERALITÀ

Il miglioramento dell'efficienza energetica oggi non può più essere considerato uno slogan, ma una necessità del nostro tempo. I trasformatori ad alta efficienza della serie TR PA nascono proprio a questo scopo garantendo:

- risparmio dei costi di gestione degli impianti, grazie ai bassi valori di perdite.
- riduzione del consumo delle risorse energetiche.
- riduzione delle emissioni di CO₂.



RISPARMI ANNUI (MASSIMI) RISPETTO AI TRASFORMATORI CON PERDITE IN ACCORDO NORME CEI 14-12 / HD 538.1 / HD 538.2

POTENZA NOMINALE kVA	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
MINOR CONSUMO MWh	3,8	5,3	6,7	12,7	9,2	18,4	24,1	26,3	34,2	29,8	51,7	71,8
MINORI EMISSIONI CO ₂ (TON)	2,8	3,9	5,0	9,5	6,9	13,8	18,1	19,7	25,6	22,3	38,8	53,9
RISPARMIO TEP*	0,7	1,0	1,2	2,4	1,7	3,4	4,5	4,9	6,4	5,6	9,7	13,4

* TONNELLATE EQUIVALENTI PETROLIO



PECULIARITÀ

- Normative di riferimento :
- CEI EN 60067-1,2,3,4,5 -11
 - CEI EN 50541-1

Le fasi di progettazione e costruzione oltre rispondere alle normative CEI EN tengono conto anche delle seguenti norme:

- ISO 9001 : 2008 per quanto riguarda gli standard e le procedure relativi alla qualità.
- ISO 14001 : 2004 per quanto riguarda le problematiche ambientali.

Facili e veloci da installare risultano adatti a essere utilizzati in:

- cabine di trasformazione MT/BT di tipo prefabbricato e di dimensioni contenute.
- aree a rischio incendio e inquinamento.
- edifici con accesso al pubblico.

Inoltre il loro smaltimento risulta semplice e a basso impatto ambientale.

DESCRIZIONE

I trasformatori in resina trifase presentano le seguenti caratteristiche :

- Avvolgimenti MT inglobati in resina.
- Avvolgimenti BT impregnati in resina.
- Nucleo magnetico realizzato con lamierini a cristalli orientati a basse perdite, con tecnologia di giunzione step lap.
- Livello di scariche parziali < 10 pC.
- Classe termica F - Sovratemperatura 100 K.
- Temperatura ambiente ≤ 40°C, altitudine ≤ 1000 m
- Autoestinguenti con bassa emissioni di fumi classificazione F1.
- Resistenti agli shock termici classificazione C2.
- Resistenti all'umidità e all'inquinamento atmosferico classificazione E2.

ACCESSORI A COMPLETAMENTO SEMPRE FORNITI

- Piastre di connessione terminali BT.
- Morsettiera cambio tensione primaria a 5 posizioni.
- Targa caratteristica.
- Golfari di sollevamento.
- Morsetti di terra.
- Ruote orientabili.

Figura 4-7 - Scheda tecnica dei trasformatori_parte1

DA 100 A 3150 KVA 17,5 24 KV
PERDITE Ao - Ak IN ACCORDO
CEI EN 505411

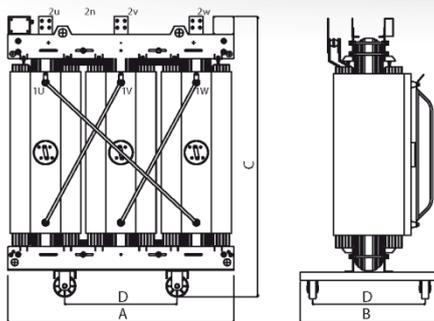
Green
efficiency

IN RESINA
TR-PA

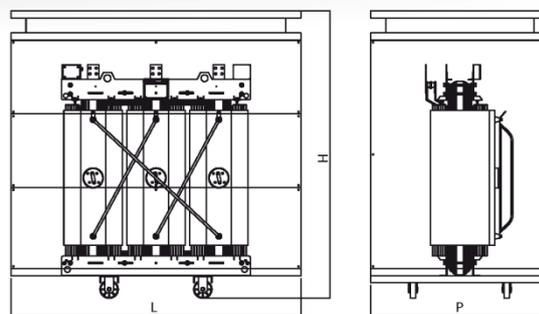
POTENZA NOMINALE KVA		100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
PERDITE A VUOTO	W	280	350	520	750	1.100	1.300	1.550	1.800	2.200	2.600	3.100	3.800
PERDITE A CARICO A 75 °C	W	1.575	2.275	2.975	3.950	6.200	7.000	7.875	9.625	11.375	14.000	16.625	19.250
PERDITE A CARICO A 120 °C	W	1.800	2.600	3.400	4.500	7.100	8.000	9.000	11.000	13.000	16.000	19.000	22.000
CORRENTE A VUOTO I ₀	%	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
TENSIONE DI C.TO C TO V _{cc}	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CORRENTE DI INSERZIONE IE/IN		11,5	10,5	10,00	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	7,5
RENDIMENTO A 75 °C													
COSφ 1 CARICO 100%	%	98,15	98,36	98,60	98,83	98,84	98,96	99,06	99,09	99,15	99,17	99,21	99,27
COSφ 1 CARICO 75%	%	98,45	98,65	98,83	99,01	99,03	99,13	99,20	99,23	99,28	99,30	99,34	99,38
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	97,90	98,14	98,41	98,67	98,68	98,82	98,93	98,96	99,04	99,06	99,10	99,17
COSφ 0,9 CARICO 75%	%	98,25	98,47	98,68	98,88	98,90	99,01	99,10	99,13	99,19	99,21	99,25	99,30
CADUTA DI TENSIONE A 75 °C													
COSφ 1 CARICO 100%	%	1,74	1,59	1,36	1,16	1,16	1,05	0,96	0,95	0,89	0,88	0,84	0,79
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	4,04	3,93	3,75	3,59	3,59	3,5	3,43	3,41	3,36	3,36	3,33	3,28
RUMORE													
POT. ACUSTICA (L _{wa})	dB(A)	51	54	57	60	62	64	65	67	68	70	71	74

DIMENSIONI E PESI (INDICATIVI)

Senza Box protezione IP 00



Con Box protezione IP 31



TENSIONE DI ISOLAMENTO 17,5 kV		100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LUNGHEZZA (A)	mm	1.000	1.100	1.250	1.450	1.450	1.650	1.650	1.650	1.900	1.900	1.900	2.200
PROFONDITÀ (B)	mm	650	650	650	800	800	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200
ALTEZZA (C)	mm	1.150	1.250	1.350	1.500	1.700	1.800	1.900	2.050	2.150	2.250	2.350	2.550
INTERASSE RUOTE (D)	mm	520	520	520	670	670	820	820	820	1.000	1.000	1.000	1.000
DIAMETRO RUOTE	mm	100	100	100	100	160	160	160	160	160	160	160	160
PESO	kg	600	750	1.000	1.400	1.750	2.150	2.550	2.900	3.400	3.900	4.750	6.100
ESECUZIONE IP31													
LUNGHEZZA (L)	mm	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		TIPO 4		TIPO 5			
PROFONDITÀ (P)	mm	1.700		1.950		2.200		2.500		2.800			
ALTEZZA (H)	mm	1.000		1.200		1.300		1.500		1.500			
PESO ARMADIO	kg	1.850		2.000		2.400		2.650		2.900			
PESO	kg	220		260		320		360		400			
TENSIONE DI ISOLAMENTO 24 kV													
LUNGHEZZA (A)	mm	1.100	1.150	1.250	1.450	1.650	1.650	1.650	1.900	1.900	1.900	1.900	2.200
PROFONDITÀ (B)	mm	650	650	650	800	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
ALTEZZA (C)	mm	1.200	1.350	1.400	1.550	1.750	1.850	1.950	2.050	2.150	2.250	2.400	2.550
INTERASSE RUOTE (D)	mm	520	520	670	670	820	820	820	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
DIAMETRO RUOTE	mm	100	100	100	100	160	160	160	160	160	160	160	160
PESO	kg	700	850	1.150	1.600	1.900	2.350	2.750	3.100	3.700	4.400	5.250	6.250
ESECUZIONE IP31													
LUNGHEZZA (L)	mm	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		TIPO 4		TIPO 5			
PROFONDITÀ (P)	mm	1700		1950		2200		2500		2800			
ALTEZZA (H)	mm	1000		1200		1300		1500		1500			
PESO ARMADIO	kg	1850		2000		2400		2650		2900			
PESO	kg	220		260		320		360		400			

MF Trasformatori

LOC. S. ANNA 22/24 - 25011 CALCINATO - BRESCIA - ITALY
TEL. +39 030 9636020-028-596 FAX +39 030 9980218
www.mftrasformatori.it - info@mftrasformatori.it



Figura 4-8 - Scheda tecnica dei trasformatori_parte2

4.4 Specifiche tecniche delle strutture di sostegno

I moduli fotovoltaici sono fissati sul terreno per mezzo di apposite strutture, denominati *inseguitori monoassiali*, composte da vele in grado di consentire il montaggio e lo smontaggio, per ciascuna struttura, in modo rapido e indipendente dalla presenza o meno di strutture contigue. Tali strutture possono essere in alluminio o in acciaio zincato.

Gli inseguitori fotovoltaici monoassiali sono dispositivi che “inseguono” il Sole ruotando attorno ad un solo asse, in modo tale da permettere al pannello fotovoltaico un’esposizione perpendicolare ai raggi del sole durante tutto l’arco della giornata, con conseguente massimizzazione dell’energia elettrica prodotta.

A seconda dell’orientazione di tale asse, si possono distinguere quattro tipo di inseguitori: *inseguitori di tilt*, *inseguitori di rollio*, *inseguitori di azimuth*, *inseguitori ad asse polare*.

Nel caso in esame, vengono utilizzati gli *inseguitori di tilt* che presentano il vantaggio di costi contenuti sul mercato e assenza di movimenti meccanici che potrebbero guastarsi e necessitare di manutenzione (bassi i costi di manutenzione).

Il calcolo e le verifiche strutturali dell’inseguitore monoassiale verranno meglio trattate nella fase esecutiva del progetto.

Le strutture utilizzate saranno della tipologia come da scheda tecnica di seguito riportata, o similari.

Si riporta invece di seguito un particolare costruttivo esemplificativo relativo alle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici.

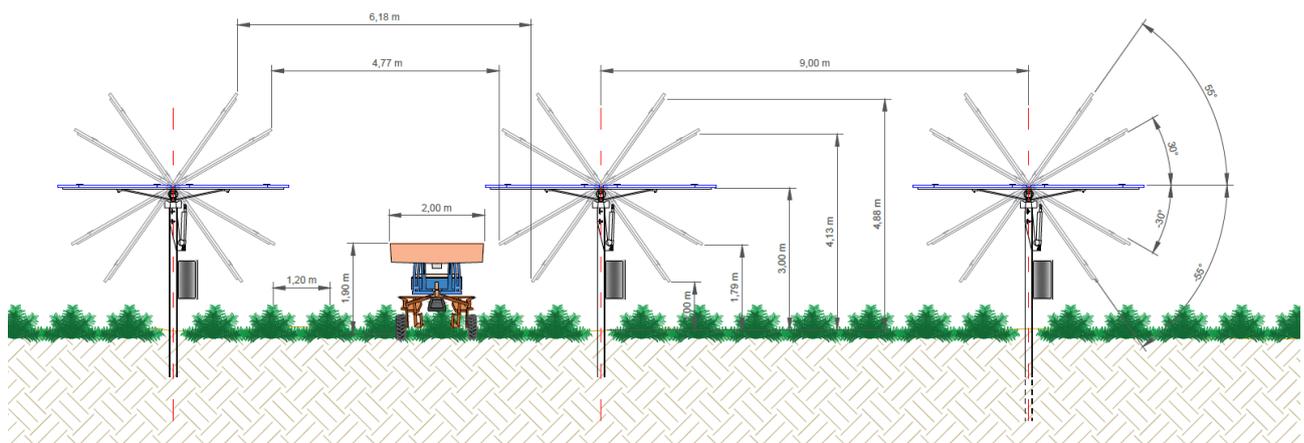


Figura 4-9 - Particolare costruttivo in sezione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici

4.5 Cavi BT

Per il collegamento delle stringhe agli Inverter di stringa e da questi ai Trasformatori vengono utilizzati cavi BT conformi CPR FG16R16 o equivalenti. Si riportano a seguire le caratteristiche principali dei cavi.

FG16R16-0,6/1 kV
FG16OR16-0,6/1 kV

Costruzione, requisiti elettrici, fisici e meccanici: CEI 20-13
IEC 60502-1
CEI UNEL 35318 (energia)
CEI UNEL 35322 (segnalamento)

Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE
Direttiva RoHS: 2011/65/UE

REAZIONE AL FUOCO

CONFORME CPR
REGOLAMENTO 305/2011/UE

Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	C _{ca} -s3, d1, a3
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi e sviluppo della fiamma	EN 50399
Non propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi e alogenidrici:	EN 60754-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2017

Figura 4-10 Scheda dei cavi BT_parte1

<p>Descrizione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5 • Isolamento: gomma, qualità G16 • Riempitivo: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari) • Guaina: PVC, qualità R16 • Colore: grigio 	<p>Condizioni di posa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura minima di posa: 0°C • Raggio minimo di curvatura consigliato: 4 volte il diametro del cavo • Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm² di sezione del rame
<p>Caratteristiche funzionali</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensione nominale U₀/U: 600/1000 V c.a. 1500 V c.c. • Tensione massima U_m: 1200 V c.a. 1800 V c.c. anche verso terra • Tensione di prova industriale: 4000 V • Temperatura massima di esercizio: 90°C • Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche) • Temperatura massima di corto circuito: 250°C 	<p>Impiego e tipo di posa</p> <p>Riferimento Guida CEI 20-67 per quanto applicabile: Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale. Per posa fissa all'interno e all'esterno, anche in ambienti bagnati; per posa interrata diretta e indiretta. Adatto all'installazione all'aria aperta, su murature e strutture metalliche, su passarelle, tubazioni, canalette e sistemi similari.</p>
<p>Caratteristiche particolari</p> <p>Buona resistenza agli oli e ai grassi industriali. Buon comportamento alle basse temperature. Resistente ai raggi UV.</p>	<p>Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011 EU e Norma EN 50575: Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e l'emissione di calore, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.</p>
<p>Colori delle anime</p> <p>UNIPOLARE ●</p> <p>BIPOLARE ● ●</p> <p>TRIPOLARE ● ● ● oppure ● ● ●</p> <p>QUADRIPOLARE ● ● ● ● oppure ● ● ● ●</p> <p>PENTAPOLARE ● ● ● ● ● oppure ● ● ● ● ●</p> <p>Le anime nei cavi multipli per segnalamento e comando sono nere numerate con o senza conduttore G/V.</p>	
<p>Marcatura</p> <p>LA TRIVENETA CAVI FG16(O)R16 0,6/1 kV [form.] Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP [anno] [ordine] [metrica]</p>	

Figura 4-11 - Scheda tecnica cavi BT_parte2

4.6 Cavi MT

Per il collegamento tra i Trasformatori e le Cabine di Paralelo e di quest'ultime tra loro ma anche per le due Dorsali MT interrate verranno utilizzati cavi MT conformi CPR RG7H1M1 - 18/30 kV o equivalenti. Si riportano a seguire le caratteristiche principali dei cavi.

SLIMPOWER HT 105

RG7H1M1 -12/20 kV

RG7H1M1 -18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici fisici e meccanici:	IEC 60502 (p.q.a.) CEI 20-13 (p.q.a.) HD 620
Non propagazione dell'incendio:	EN 60332-3-24 (CEI 20-22 III)
Gas corrosivi o alogenidrici:	EN 50267-2-1
Emissione di fumi (trasmissione):	EN 61034-2
Resistenza agli idrocarburi:	CEI 20-34/0-1

REAZIONE AL FUOCO

 CONFORME CPR REGOLAMENTO 305/2011/UE	
Norma:	EN 50575:2014+A1:2016
Classe:	E _{ca}
Classificazione:	EN 13501-6
Propagazione della fiamma:	EN 60332-1-2
Organismo Notificato:	2479 - L.S. FIRE TESTING INSTITUTE
CE	2017



Figura 4-12 Scheda dei cavi MT_parte1

Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, a spessore ridotto, con temperatura massima di esercizio di 105°C.
Un'elevata temperatura di esercizio ne consente l'impiego con un sovraccarico del 10% circa in esercizio continuo e/o maggiori margini in situazioni critiche rispetto ai cavi tradizionali.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento (spessore ridotto): gomma, qualità G7 senza piombo (HD 620 DHI 2)
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
- Guaina: termoplastica LS0H, qualità M1
- Colore: rosso

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG7H1M1X seguita dalla tensione nominale di esercizio.

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

Marcatura

Pb free CEI 20-22 III CAT. C LA TRIVENETA CAVI RG7H1M1 SLIMPOWER HT105 12/20 kV Eca [form.] [anno] [ordine] [metrica]
Pb free CEI 20-22 III CAT. C LA TRIVENETA CAVI RG7H1M1 SLIMPOWER HT105 18/30 kV Eca [form.] [anno] [ordine] [metrica]

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
RG7H1M1-12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
RG7H1M1-18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione massima di esercizio
RG7H1M1-12/20 kV: U_m 24 kV
RG7H1M1-18/30 kV: U_m 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 105°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 300°C

Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze; particolarmente indicati nei luoghi con pericolo d'incendio, nei locali dove si concentrano apparecchiature, quadri e strumentazioni dove è fondamentale la loro salvaguardia.

Ammessa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011/UE e Norma EN 50575:

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

Figura 4-13 - Scheda tecnica cavi MT_patre2

5. Limiti di esposizione e valori di attenzione secondo il DPCM 8 luglio 2003

Nel caso di esposizione a campi magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz generati da elettrodotti o altri dispositivi elettrici presenti sul territorio, i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8 luglio 2003 sono elencati nella tabella seguente.

Tabella 1 - Valori di limite di esposizione, di attenuazione e di obiettivi di qualità secondo il DPCM 8 luglio 2003

Frequenza 50 Hz	Intensità di campo elettrico [kV/m]	Induzione magnetica [μ T]
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi già esistenti e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3

* Valori efficaci

**Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

In particolare, l'obiettivo di qualità di 3 μ T riguarda la progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e la progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.

Si definiscono:

- *Esposizione*, la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine artificiale;

- *limite di esposizione*, il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- *valore di attenzione*, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- *obiettivi di qualità*, valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

6. Considerazioni preliminari alla valutazione

Per quanto attiene ai campi elettrici, sono generati dalle tensioni rispetto all'ambiente circostante, assunto a potenziale zero, e pertanto riguardano solo gli elettrodotti a media e alta tensione.

Nel progetto in analisi, è prevista la realizzazione delle linee in MT interamente interrate.

Le linee interrate, oltre a ridurre l'impatto paesaggistico, riducono in maniera significativa anche il campo elettrico ed il campo magnetico.

I campi magnetici, invece, sono generati da correnti; saranno, dunque, significativi quelli prodotti dai conduttori attraversati dalle correnti BT che afferiscono ai trasformatori (contenuto all'interno delle cabine trafo).

Questi campi, che sono puntualmente dovuti alla somma degli effetti di tutti i cavi percorsi da correnti in quello spazio, dipendono da vari fattori: composizione dei cavi (terna o conduttore isolato), profondità di interrimento, distanza tra i cavi e dal punto di osservazione, presenza di elementi schermanti quali materiali conduttori.

Nella figura che segue viene effettuato un confronto fra tre diversi tipi di sorgente per analizzarne l'attenuazione dell'induzione magnetica con l'aumentare della distanza.

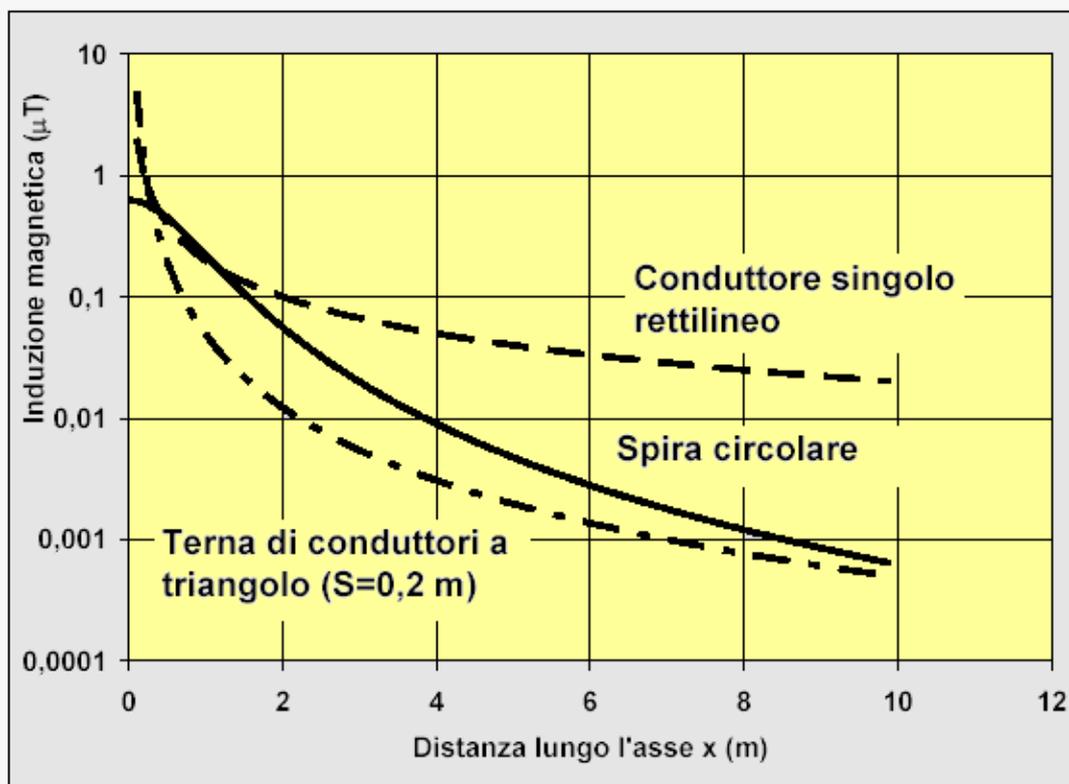


Figura 6-1 - Confronto tra le attenuazioni con la distanza D , dell'induzione magnetica prodotta da sorgenti puntiformi (spira circolare) e sorgenti filiformi (conduttore singolo e linea trifase). In tutti i casi si considera una corrente di 1A (CEI 106-12)

In riferimento alla intensità del campo prodotto dalle linee in cavo si sono utilizzate le relazioni qui illustrate e contenute nella guida CEI 106-12 2006-05 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT".

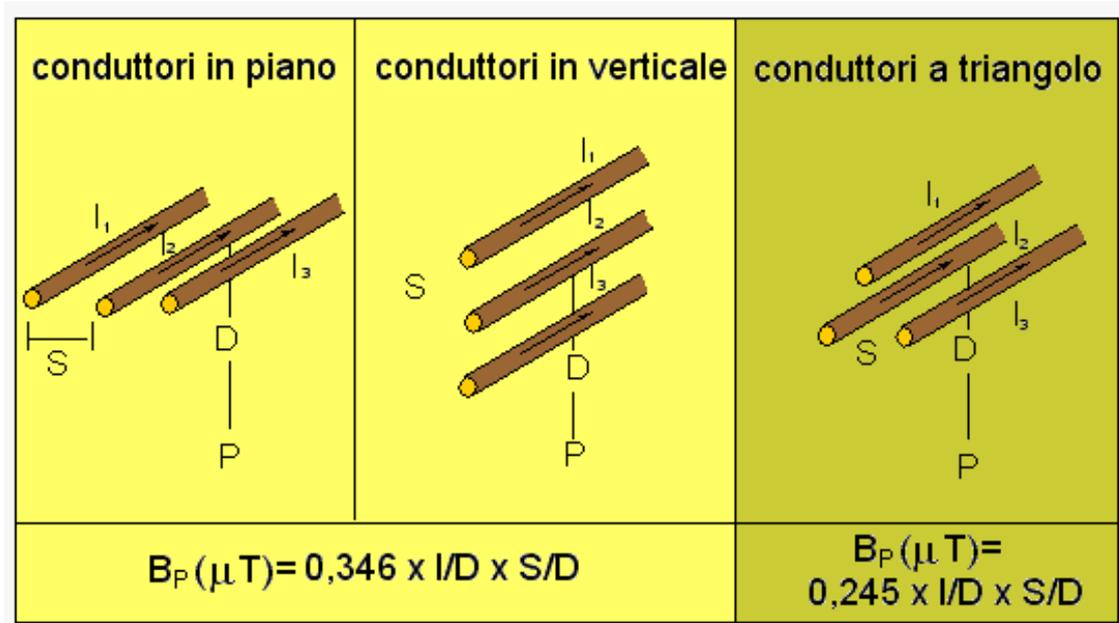
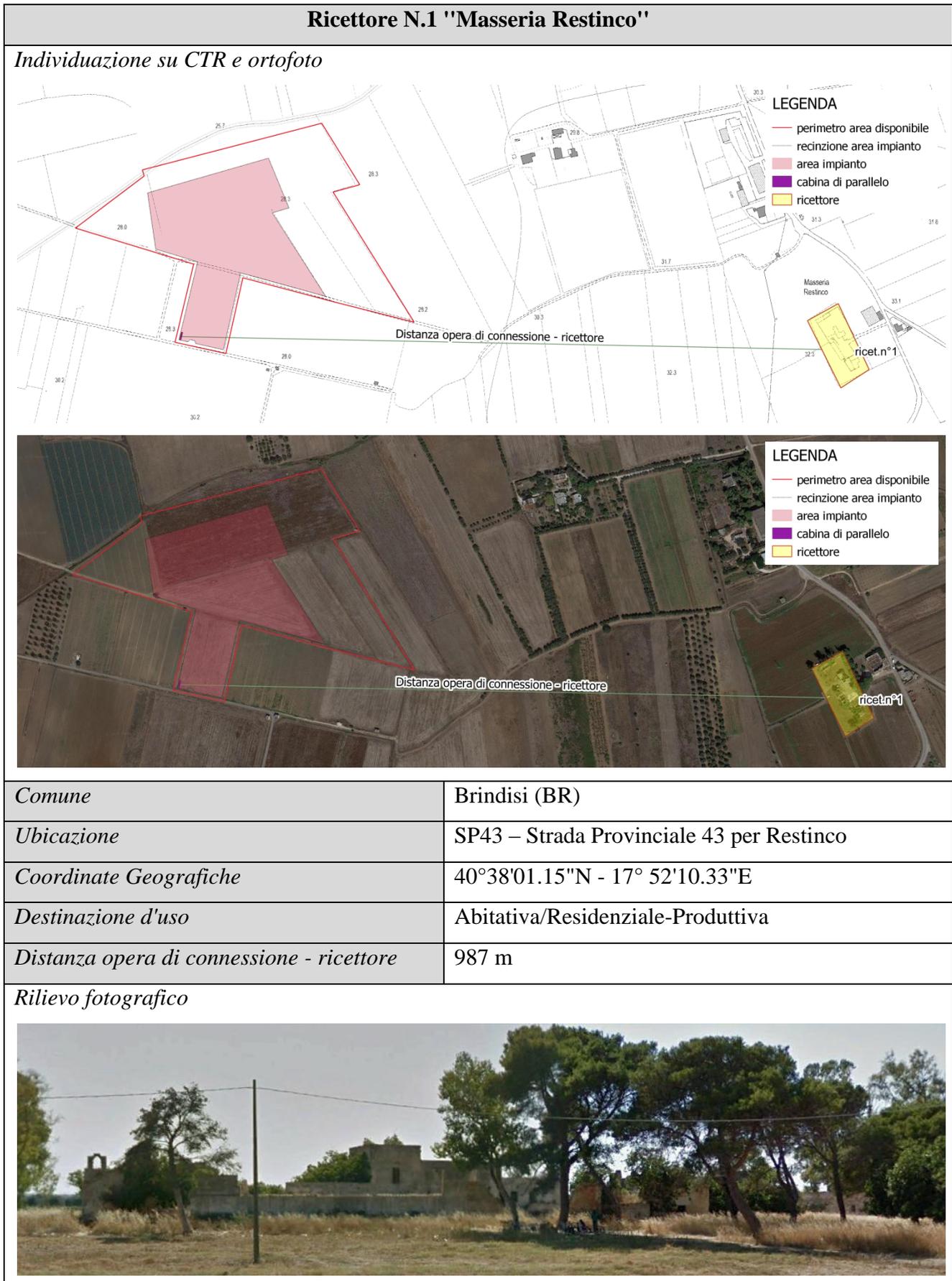


Figura 6-2 - Induzione magnetica generata nel punto P da una linea trifase con conduttori rettilinei, paralleli e correnti equilibrate e simmetriche (CEI 106-12)

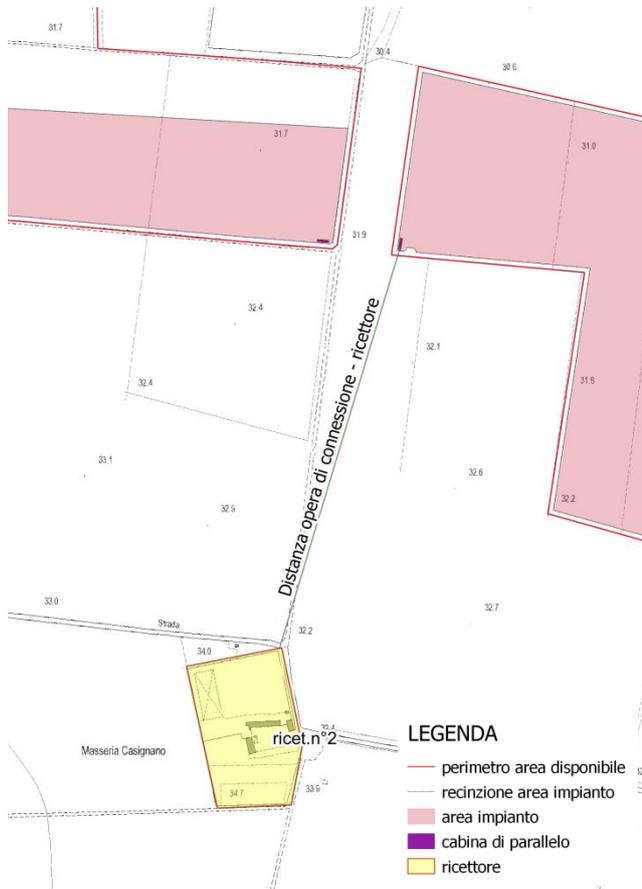
Per quanto attiene al campo magnetico prodotto dalle correnti circolanti negli avvolgimenti BT del trasformatore si è riscontrato che il campo misurabile all'esterno della macchina è trascurabile. Non altrettanto si può dire per il campo generato dai conduttori che collegano il quadro di bassa al trasformatore stesso e che sono interessati da correnti forti.

7. Individuazione dei possibili ricettori sensibili



Ricettore N.2 "Masseria Casignano"

Individuazione su CTR e ortofoto



LEGENDA
 - perimetro area disponibile
 - recinzione area impianto
 - area impianto
 - cabina di parallelo
 - ricettore



LEGENDA
 - perimetro area disponibile
 - recinzione area impianto
 - area impianto
 - cabina di parallelo
 - ricettore

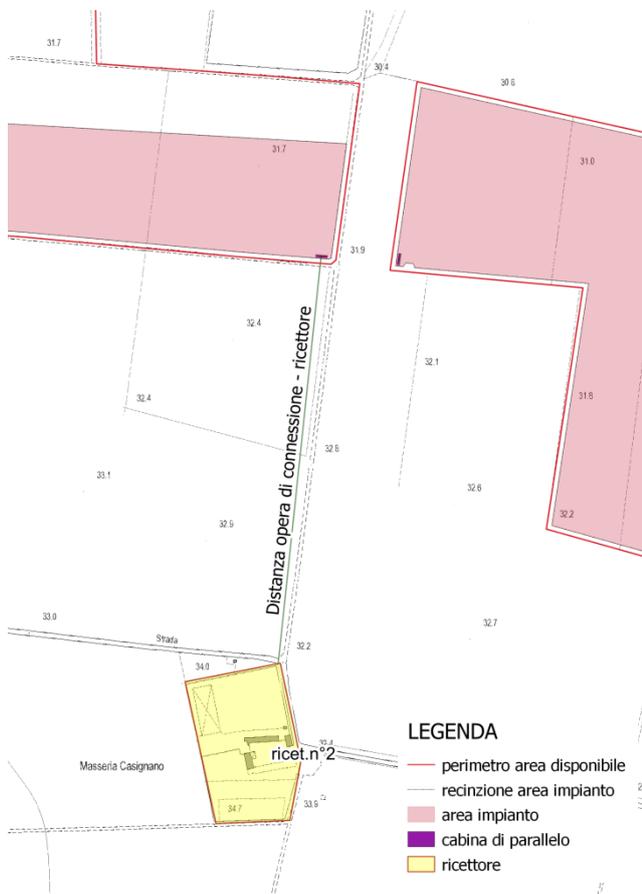
<i>Comune</i>	Brindisi (BR)
<i>Ubicazione</i>	Strada Comunale 14
<i>Coordinate Geografiche</i>	40°37'11.38"N - 17° 51'06.07"E
<i>Destinazione d'uso</i>	Masseria in stato di abbandono
<i>Distanza opera di connessione - ricettore</i>	426 m

Rilievo fotografico



Ricettore N.2 "Masseria Casignano"

Individuazione su CTR e ortofoto



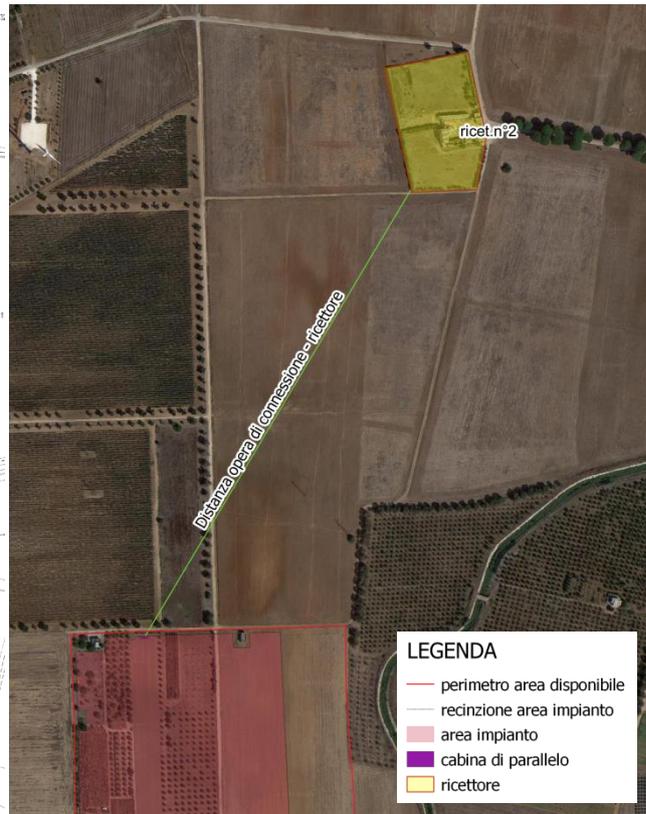
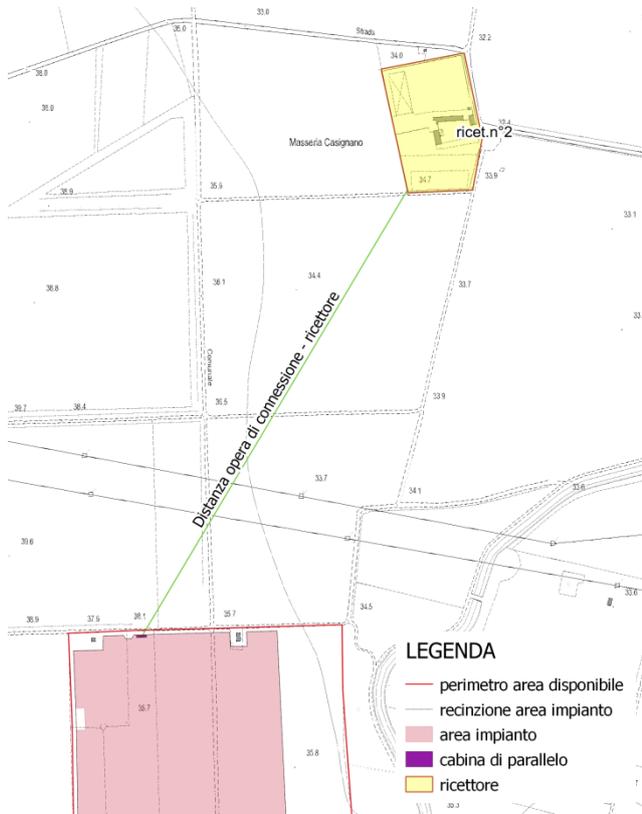
<i>Comune</i>	Brindisi (BR)
<i>Ubicazione</i>	Strada Comunale 14
<i>Coordinate Geografiche</i>	40°37'11.38"N - 17° 51'06.07"E
<i>Destinazione d'uso</i>	Masseria in stato di abbandono
<i>Distanza opera di connessione - ricettore</i>	420 m

Rilievo fotografico



Ricettore N.2 "Masseria Casignano"

Individuazione su CTR e ortofoto



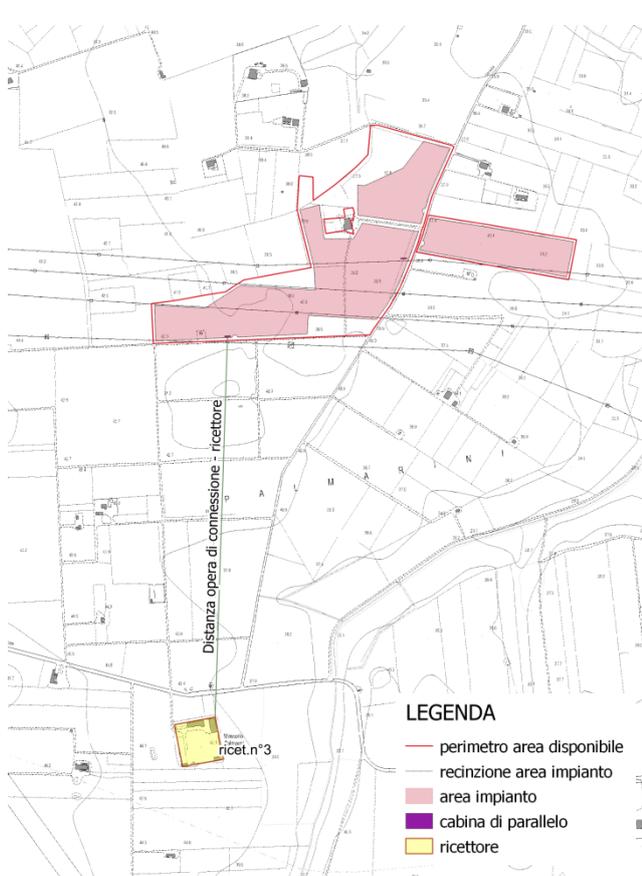
Comune	Brindisi (BR)
Ubicazione	Strada Comunale 14
Coordinate Geografiche	40°37'11.38"N - 17° 51'06.07"E
Destinazione d'uso	Masseria in stato di abbandono
Distanza opera di connessione - ricettore	614 m

Rilievo fotografico



Ricettore N.3 "Masseria Palmarini"

Individuazione su CTR e ortofoto



<i>Comune</i>	Brindisi (BR)
<i>Ubicazione</i>	SP43 – Strada Provinciale 43 per Restinco
<i>Coordinate Geografiche</i>	40°35'28.40"N - 17° 54'57.28"E
<i>Destinazione d'uso</i>	Abitativa/Residenziale - Produttiva
<i>Distanza opera di connessione - ricettore</i>	771 m

Rilievo fotografico

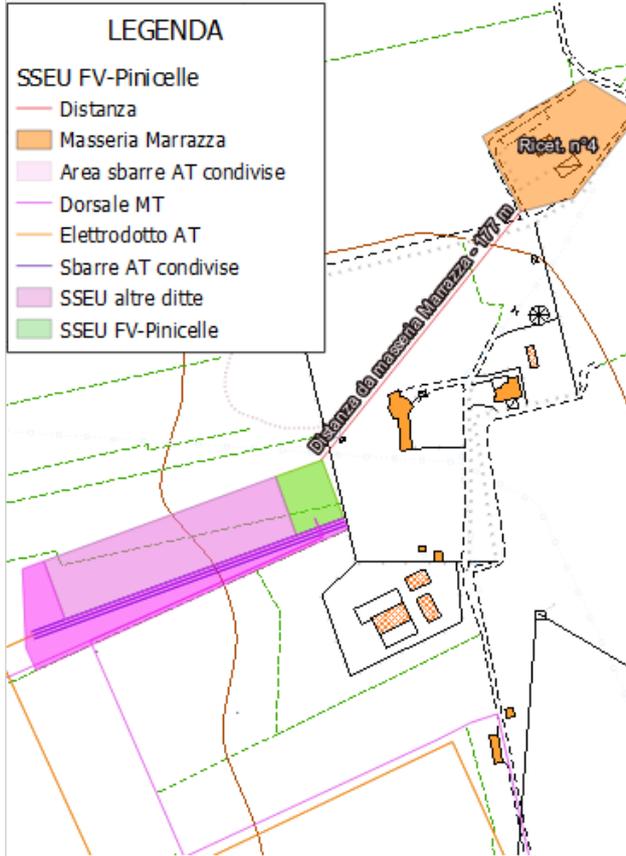


Ricettore N.4 "Masseria Marrazza"

Individuazione su CTR e ortofoto

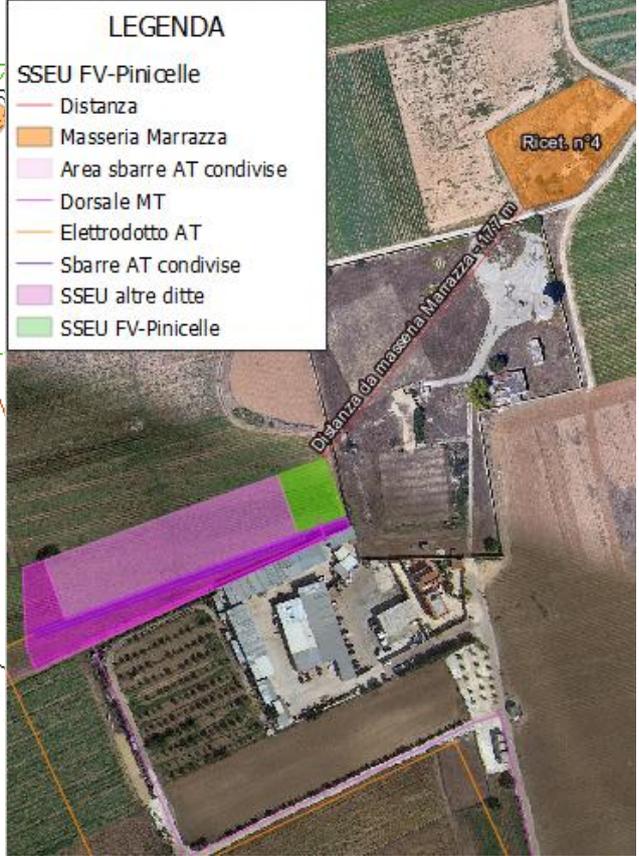
LEGENDA

- SSEU FV-Pinicelle
- Distanza
- Masseria Marrazza
- Area sbarre AT condivise
- Dorsale MT
- Elettrodotto AT
- Sbarre AT condivise
- SSEU altre ditte
- SSEU FV-Pinicelle



LEGENDA

- SSEU FV-Pinicelle
- Distanza
- Masseria Marrazza
- Area sbarre AT condivise
- Dorsale MT
- Elettrodotto AT
- Sbarre AT condivise
- SSEU altre ditte
- SSEU FV-Pinicelle



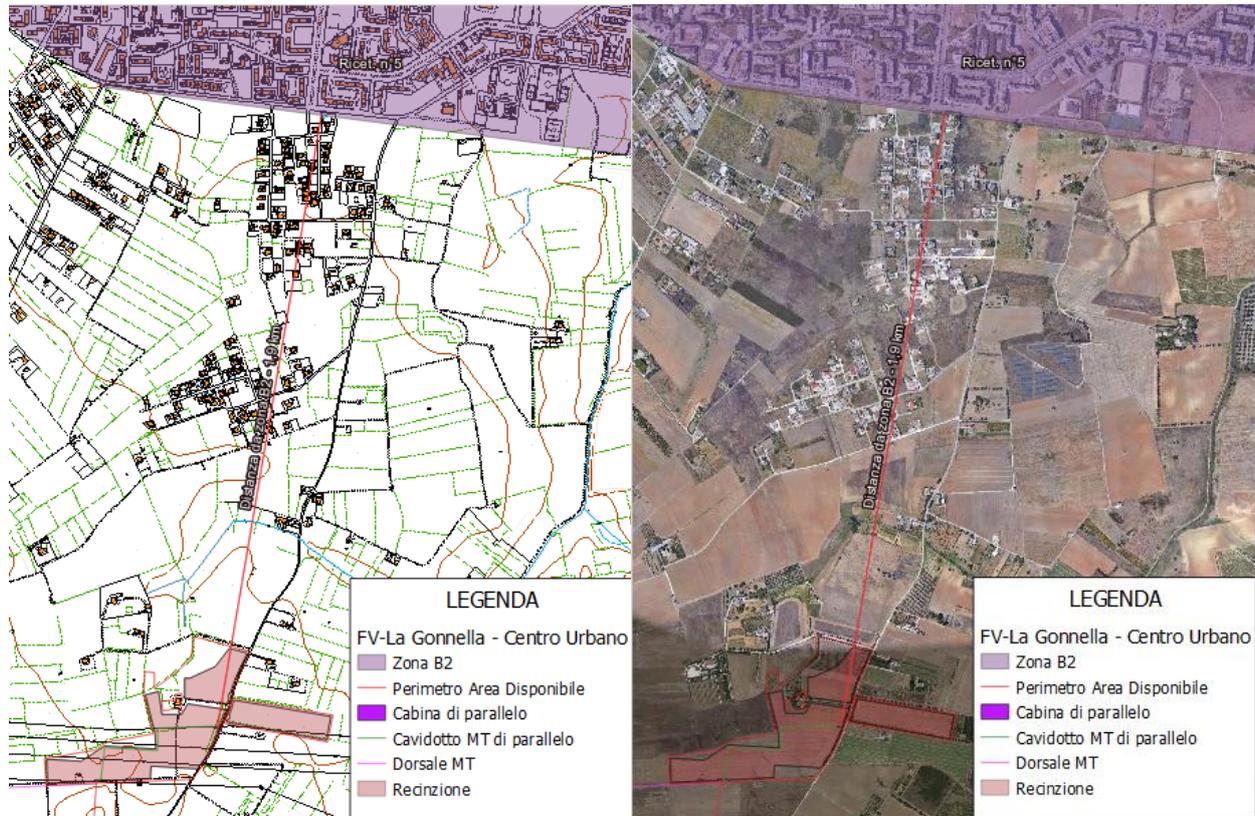
<i>Comune</i>	Brindisi (BR)
<i>Ubicazione</i>	Strada per Schiavoni
<i>Coordinate Geografiche</i>	40°36'30.17"N - 17° 54'26.13"E
<i>Destinazione d'uso</i>	Abitativa/Residenziale - Produttiva
<i>Distanza opera di connessione - ricettore</i>	177 m

Rilievo fotografico dall'alto



Ricettore N.5 " Centro abitato di Brindisi - Zona B2"

Individuazione su CTR e ortofoto



<i>Comune</i>	Brindisi (BR)
<i>Destinazione d'uso</i>	Centro abitato
<i>Distanza opera di connessione - ricettore</i>	1,6 km

8. Valutazioni di progetto

8.1 Cabine trafo

Le fonti principali di emissione risultano essere ubicate in corrispondenza delle cabine trafo.

Per la valutazione verrà utilizzato il modello della CEI R014 per l'analisi del campo magnetico generato dai conduttori in uscita dal secondario BT dei trasformatori. Data la presenza di 3 configurazioni differenti, rispettivamente di potenza 500, 1000 e 2000 kVA, verrà preso in esame il caso più gravoso. La corrente di impiego utilizzata per la valutazione sarà pertanto pari a 2000 A.

La condizione individuata costituisce tuttavia uno stato limite che verosimilmente solo eccezionalmente verrà raggiunto nel regolare esercizio dell'impianto; l'individuazione della fascia di rispetto per tale configurazione con il calcolo della distanza al valore limite di $B=3\mu\text{T}$ risulta essere cautelativa rispetto agli altri assetti.

Nel grafico di seguito riportato si illustra l'andamento dell'induzione magnetica in funzione della distanza dalla sorgente ed è stata ottenuta sperimentalmente utilizzando il modello CEI R014.

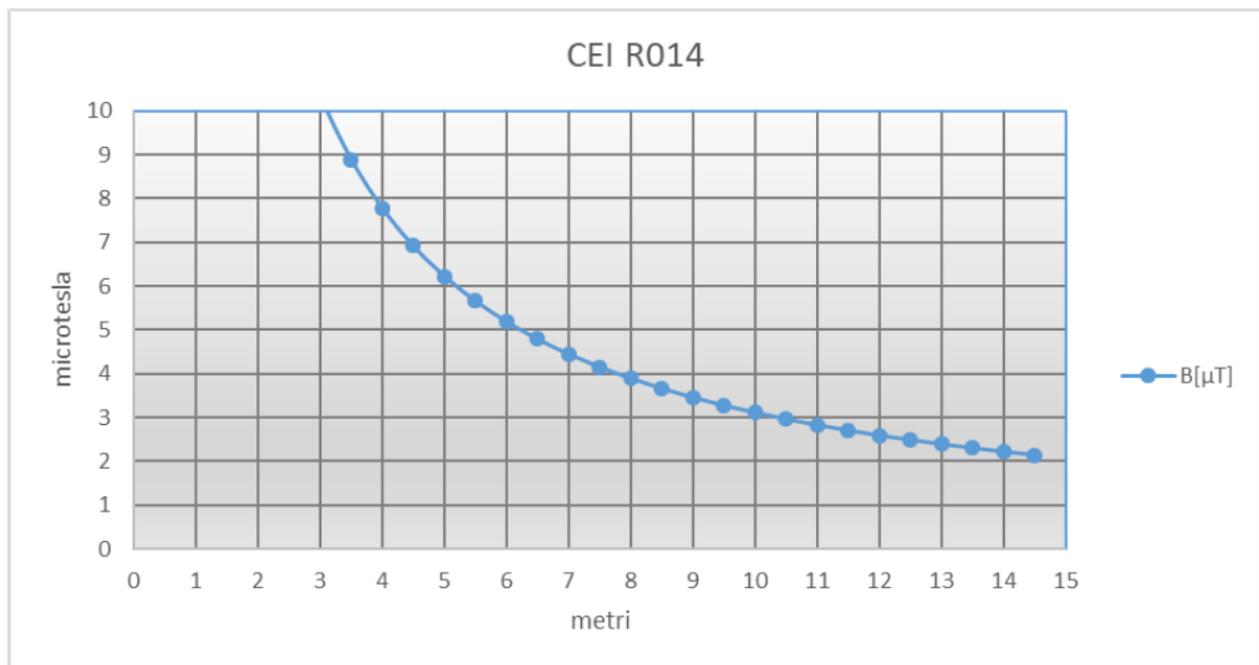


Figura 8-1 Grafico sull'andamento dell'induzione magnetica in funzione della distanza dalla sorgente

La fascia di rispetto teorica ha pertanto un raggio pari a circa 10 m dal centro geometrico dei conduttori; tale valore risulta nella pratica riducibile adottando una serie di accorgimenti.

Seguendo la strategia di riunire i cavi in terne riducendo al minimo le distanze tra i conduttori si ha una sensibile diminuzione del campo magnetico nell'area interessata.

Le massime correnti si troveranno nei cavi di collegamento quadro/secondario del trasformatore e saranno ubicati all'interno di canali metallici. La struttura metallica agisce da schermo ferromagnetico.

Data la distanza entro la quale esistono campi magnetici di entità superiore ai limiti di attenzione, distanza di 10 m, e data l'ubicazione delle cabine trafo all'interno del terreno privato recintato, si ritiene di non dover dotare la costruzione di ulteriore protezione esterna non verificandosi probabilità di assembramento di persone nell'area.

8.2 Collegamento in cavo interrato

In merito al collegamento in cavo interrato della tipologia RG7H1M1 18/30 kV, tra le cabine trafo e le rispettive cabine di parallelo e al collegamento in cavo interrato tra quest'ultime, ubicate rispettivamente nei sotto-impianti FV-Lo Spada e FV-La Gonnella e la Sottostazione Elettrica Utente si riporta quanto segue.

Attualmente in Italia la distribuzione dell'energia elettrica avviene principalmente attraverso due tipologie di elettrodotti:

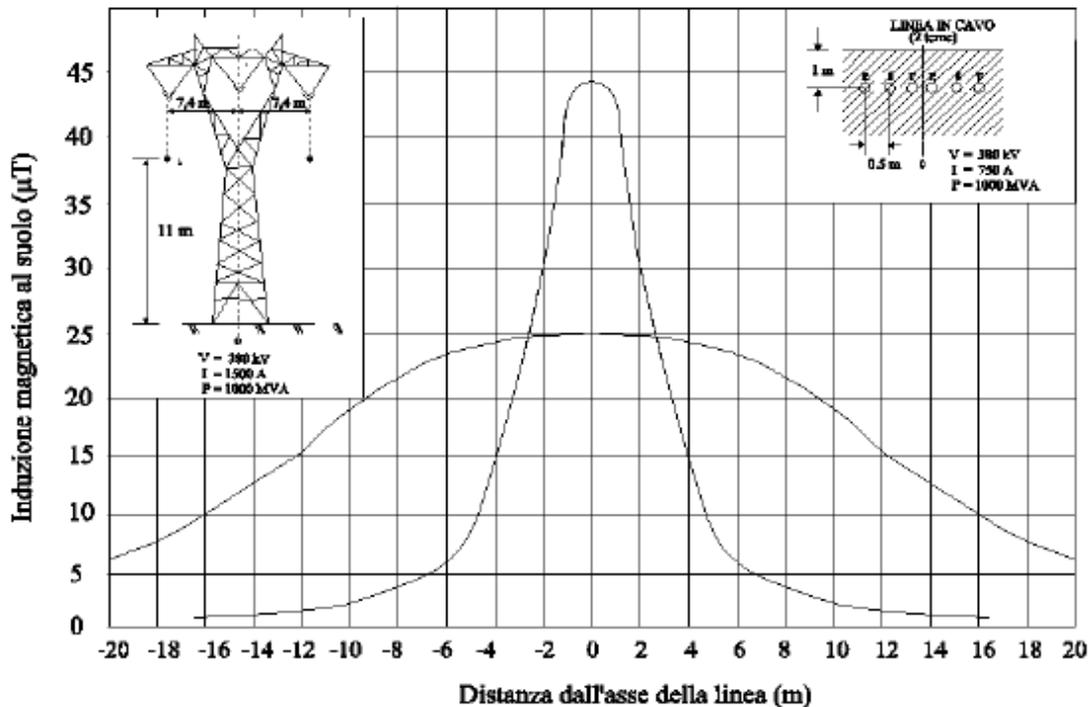
- Linee aeree, costituite da fili conduttori tesi in aria tra sostegni (tralicci) e fissati ad essi attraverso elementi isolanti;
- Linee interrate, costituite da conduttori avvolti in appositi materiali isolanti in modo da permettere una maggiore vicinanza tra i conduttori senza il rischio di scariche.

Il progetto in esame prevede linee interrate con posa a trifoglio. Le linee interrate, oltre a ridurre l'impatto paesaggistico, riducono in maniera significativa anche il campo elettrico ed il campo magnetico.

Le linee interrate sono sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo che consente di avere campi elettrici assai ridotti. Misure di induzione magnetica effettuate sopra un cavo interrato a MT con intensità di corrente pari a 100A hanno portato ai seguenti risultati: a 20 cm dal piano campagna sono registrabili valori di induzione magnetica di $2\mu\text{T}$, mentre già ad un metro dal suolo il livello di induzione magnetica cala sino a $0,5\mu\text{T}$.

In prossimità delle linee elettriche si generano sempre un campo elettrico ed un campo magnetico a frequenza industriale (50Hz). L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione; il suo valore efficace è massimo in prossimità della linea ma decresce rapidamente allontanandosi da essa. Nel caso di linee elettriche interrate i campi elettrici già al disopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Di seguito si riporta un esempio di induzione magnetica generata da una linea aerea a 380 kV e da due terne di cavi interrati.



Il campo magnetico di una linea elettrica dipende dall'intensità della corrente che circola nei conduttori. Poiché la corrente può variare nell'arco della giornata, della settimana o dell'anno anche l'intensità del campo magnetico varia di conseguenza. Per quest'ultimo non è praticabile una sua schermatura mediante materiali ad alta permeabilità magnetica.

Il campo d'induzione magnetica è regolato dalla legge di Biot-Savart: esso è direttamente proporzionale all'intensità di corrente che circola nei conduttori e inversamente proporzionale alla distanza.

Una linea trifase è composta da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo.

Poiché il campo magnetico, in ogni punto dello spazio circostante, è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche. A differenza delle linee aeree, per le quali la distanza minima è limitata dalla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, durante la posa delle linee in cavo è possibile collocare i conduttori a poche decine di centimetri l'uno dall'altro; questo permette di ottenere un sostanziale abbattimento del campo magnetico già a poca distanza.

8.3 Valutazione del progetto in relazione ai ricettori sensibili

A seguito di opportune analisi, sono stati scelti come ricettori sensibili le componenti culturali e insediative, secondo il PPTR aggiornato alla DGR 1801/2021.

In particolare, sono stati considerati quattro ricettori, elencati di seguito:

- Ricettore n°1: Masseria Restinco
- Ricettore n°2: Masseria Casignano
- Ricettore n°3: Masseria Palmarini
- Ricettore n°4: Masseria Marrazza
- Ricettore n°5: centro abitato di Brindisi – Zona B2

Sono state analizzate le cabine elettriche, presenti in ogni sotto-impianto, più vicine rispetto all'area considerata come potenziale ricettore sensibile.

Come possibile impatto derivante da campi elettromagnetici, oltre le cabine sopra citate, è stata anche considerata la Sottostazione Elettrica Utente (SSUE FV-Pinicelle).

Tali ricettori, in funzione di quanto sopra riportato ed in funzione della distanza rilevata tra esso e le opere da realizzare, si può escludere ogni tipo di potenziale impatto/disturbo.

Delle quattro masserie segnalate come possibili ricettori sensibili analizzati, quello corrispondente al numero 2 è una masseria in stato di abbandono, mentre quelli corrispondenti ai numeri 1, 3 e 4, risultano essere destinati ad uso abitativa/residenziale - produttivo, ma risultano vertere in evidente stato di abbandono e pertanto possono sicuramente essere esclusi da potenziali impatti derivanti dai campi elettromagnetici.

Come ultimo ricettore è stato considerato il centro urbano di Brindisi. In particolare, è stata evidenziata la distanza della cabina di parallelo presente nel sotto-impianto FV-La Gonnella (più vicino al centro urbano rispetto agli altri quattro sotto-impianti) alla zona censita come B2 dal PRG comunale di Brindisi. Tale distanza, pari a circa 1,9 km è tale da poter escludere un potenziale impatto derivante da campi elettromagnetici.

9. Interferenze elettromagnetiche per i lavoratori

Come stabilito dalla direttiva quadro (2013/35/UE), tutti i datori di lavoro hanno l'obbligo di valutare i rischi derivanti dalle attività che svolgono e di adottare misure di protezione o prevenzione al fine di ridurre i rischi individuati. La direttiva relativa ai campi elettromagnetici è stata adottata per aiutare i datori di lavoro a ottemperare agli obblighi generali stabiliti dalla direttiva quadro per il caso specifico dei campi elettromagnetici sul luogo di lavoro.

La direttiva relativa ai campi elettromagnetici riguarda gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai campi elettromagnetici. Gli effetti diretti sono suddivisi in effetti non termici, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali, ed effetti termici, come il riscaldamento dei tessuti. Gli effetti indiretti si verificano quando la presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico può costituire un pericolo per la sicurezza o la salute.

9.1 Effetti sulla salute e rischi per la sicurezza derivanti dai campi elettromagnetici

Il tipo di effetto che i campi elettromagnetici hanno sulle persone dipende in primo luogo dalla frequenza e dall'intensità; anche altri fattori, come la forma d'onda, possono essere importanti in alcune situazioni. Alcuni campi provocano la stimolazione degli organi sensoriali, dei nervi e dei muscoli, mentre altri causano riscaldamento. Gli effetti causati dal riscaldamento sono denominati *effetti termici* nella direttiva relativa ai campi elettromagnetici, mentre tutti gli altri effetti sono definiti *effetti non termici*.

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.

9.1.1 Effetti diretti

Gli effetti diretti sono i cambiamenti provocati in una persona dall'esposizione a un campo elettromagnetico. La direttiva relativa ai campi elettromagnetici 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 campi magnetici 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).

9.1.2 Effetti a lungo termine

La direttiva non affronta le ipotesi di effetti a lungo termine derivanti dall'esposizione a campi elettromagnetici, dal momento che non si dispone attualmente di prove scientifiche solide dell'esistenza di una relazione causale.

9.1.3 Effetti indiretti

Effetti indesiderati possono essere provocati dalla presenza nel campo elettromagnetico di oggetti che possono determinare pericoli per la sicurezza o la salute. I rischi derivanti dal contatto con conduttori sotto tensione non rientrano nell'ambito della direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

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.

9.2 Sorgenti di campi elettromagnetici

Nella nostra società moderna siamo tutti esposti a campi elettrici e magnetici generati da molte sorgenti, tra cui le apparecchiature elettriche e i dispositivi di radiodiffusione e di comunicazione. La maggior parte delle sorgenti dei campi elettromagnetici presenti nelle case e negli ambienti di lavoro produce livelli di esposizione estremamente bassi, tanto che la maggior parte delle attività lavorative comuni difficilmente causa esposizioni superiori ai livelli di azione o ai valori limite di esposizione stabiliti dalla direttiva.

Le dimensioni e l'intensità dei campi elettromagnetici prodotti dipendono dalle tensioni, dalle correnti e dalle frequenze di funzionamento delle apparecchiature o che esse generano, nonché dalla loro progettazione. Alcune apparecchiature sono progettate in modo da generare intenzionalmente campi elettromagnetici esterni. In questi casi, piccole apparecchiature a bassa potenza possono produrre notevoli campi elettromagnetici esterni. Generalmente, le apparecchiature che utilizzano correnti o tensioni elevate o che sono progettate per emettere radiazioni elettromagnetiche richiedono una valutazione aggiuntiva.

9.2.1 Lavoratori particolarmente a rischio

Alcuni gruppi di lavoratori sono considerati particolarmente esposti a rischi derivanti dai campi elettromagnetici. Tali lavoratori non possono essere protetti adeguatamente mediante i livelli di azione previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici e perciò i datori di lavoro devono esaminare la loro esposizione separatamente da quella degli altri lavoratori.

I lavoratori particolarmente a rischio sono in genere tutelati adeguatamente se si rispettano i livelli di riferimento specificati nella raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio.

Tabella 2 - Lavoratori particolarmente a rischio ai sensi della direttiva relativa ai campi elettromagnetici

Lavoratori particolarmente a rischio	Esempi
<i>Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD)</i>	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
<i>Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo</i>	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
<i>Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo</i>	Pompe esterne per infusione di ormoni

Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi

Un gruppo di lavoratori particolarmente a rischio è quello dei portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD), dato che i campi elettromagnetici di forte entità possono interferire con il normale funzionamento dei dispositivi impiantabili attivi. I fabbricanti di questi dispositivi sono tenuti per legge a garantire che i loro prodotti vantino una ragionevole immunità alle interferenze e questi prodotti sono controllati periodicamente per verificare l'intensità di campo cui potrebbero essere esposti negli ambienti pubblici. Di conseguenza un'intensità di campo inferiore ai livelli di riferimento fissati nella raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio non dovrebbe incidere negativamente sul funzionamento di tali dispositivi. Un'intensità di campo superiore a tali livelli di riferimento *in prossimità del dispositivo o dei suoi sensori* (se presenti) può però causare una disfunzione, comportando un rischio per chi lo indossa.

Nella colonna 3 della *tabella 2* sono elencate situazioni in cui è richiesta una valutazione specifica per i lavoratori portatori di dispositivi impiantabili attivi, in quanto nelle immediate vicinanze del dispositivo o dei suoi sensori (se presenti) potrebbero generarsi forti campi elettromagnetici.

Altri lavoratori particolarmente a rischio

Per gli altri gruppi di lavoratori particolarmente a rischio (cfr. la *tabella 1*) i campi elettromagnetici di forte entità molto localizzati non presentano generalmente alcun rischio. Questi lavoratori saranno, invece, a rischio nei casi in cui è probabile che le attività lavorative generino campi superiori ai livelli di riferimento della raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio in aree ampiamente più accessibili. Situazioni comuni in cui ciò può verificarsi sono indicate nella colonna 2 della *tabella 2* e richiedono una valutazione specifica.

La *tabella 2* elenca attività lavorative in cui si è esposti a campi elettromagnetici e indica la necessità o meno di effettuare una valutazione per:

- 1) i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi;
- 2) altri lavoratori particolarmente a rischio;
- 3) i lavoratori non particolarmente a rischio.

Le voci di questa tabella si basano sulla possibilità che in una situazione si verifichino intensità di campo superiori ai livelli di riferimento indicati nella raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio e, in caso affermativo, sulla possibilità che tali campi siano molto localizzati.

Tabella 3 - Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative con alimentazione elettrica

Tipo di apparecchiatura: Alimentazione elettrica	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio (1)	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) (2)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi (3)
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	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
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	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
Inverter, compresi quelli sui sistemi fotovoltaici	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>
Conduttore nudo aereo con tensione nominale inferiore a 100 kV o linea aerea inferiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
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	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>

I casi in cui viene apposto un «No» nelle tre colonne sono:

- Conduttore nudo aereo con tensione nominale inferiore a 100 kV o linea aerea inferiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici.
- Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici.
- Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici.

In questi casi, per la società, non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva, dato che non dovrebbero esserci rischi di questo tipo. In genere, in queste situazioni non sono necessari ulteriori provvedimenti. Verrà comunque effettuata una valutazione generale del rischio in conformità alle prescrizioni della direttiva quadro.

I casi in cui viene apposto un «No» nella prima e seconda colonna e un «Sì» e nella terza sono:

- Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici

Anche in questi casi per la società non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva.

I casi in cui viene apposto un «Sì» nelle tre colonne sono:

- 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

In questi casi, è necessaria una procedura dettagliata per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, per attuare e mantenere misure di protezione e prevenzione in linea con la direttiva quadro.

9.3 Calcolo o misurazione dell'esposizione

9.3.1 Disposizioni della direttiva relativa ai campi elettromagnetici

La direttiva prevede chiaramente che i datori di lavoro debbano valutare i rischi derivanti dai campi elettromagnetici cui sono esposti i propri dipendenti sul luogo di lavoro. Nell'ambito della valutazione dei rischi la società deve identificare e valutare i campi elettromagnetici nel luogo di lavoro. Questo però non comporta necessariamente calcoli o misurazioni poiché si può tener conto dei dati sui livelli di emissione e altri dati relativi alla sicurezza forniti dal fabbricante o dal distributore.

Se i fabbricanti hanno fornito dati relativi all'esposizione o valutazione dei rischi, sarà in genere più semplice ed economico dimostrare la conformità. Allo stesso modo, laddove dati rilevanti di valutazioni generiche sono messi a disposizione da parte di organismi governativi, organismi professionali e associazioni di categoria; quindi, sarà più facile utilizzare questi dati piuttosto che effettuare valutazioni sull'esposizione.

9.3.2 Valutazioni sul luogo di lavoro

Se è necessario valutare l'esposizione nel luogo di lavoro, si hanno a disposizione più opzioni. In primo luogo, occorre decidere se valutare l'esposizione mediante calcoli o misurazioni. Entrambi gli approcci sono accettabili per dimostrare la conformità alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici ed entrambi offrono numerose opzioni diverse di varia complessità.

I metodi di valutazione semplici si basano spesso su ipotesi o approssimazioni che comportano una sovrastima dell'esposizione. Di conseguenza, i metodi di valutazione più complessi daranno luogo probabilmente a distanze di conformità inferiori, ma saranno certamente più costosi in termini di tempo e denaro. Ne consegue che la scelta finale sarà determinata dalle particolari circostanze del lavoro e del luogo di lavoro.

È importante essere consapevoli che una valutazione non si limita a misurare dei campi. È importante valutare la natura del lavoro svolto per poter determinare l'ubicazione dei lavoratori. Per le frequenze per le quali è consentito il calcolo della media temporale, è altresì essenziale registrare i cicli di funzionamento dell'apparecchiatura e stimare la durata dell'occupazione delle aree.

9.4 Misure di protezione e prevenzione

La scelta di misure di protezione e prevenzione adeguate ad una situazione specifica si basa sull'esito della valutazione dei rischi.

9.4.1 Principi di prevenzione

Nella *Tabella 3* si elencano i principi di prevenzione specificati nella direttiva quadro che la società si impegna a rispettare.

Tabella 4 - Principi di prevenzione specificati nella direttiva quadro

Principi di prevenzione
Evitare i rischi
Valutare i rischi che non possono essere evitati
Combattere i rischi alla fonte
Adeguare il lavoro all'uomo, in particolare per quanto riguarda la concezione dei luoghi di lavoro, la scelta delle attrezzature di lavoro e dei metodi di lavoro e produzione
Adeguarsi al progresso tecnico
Sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non è pericoloso o che è meno pericoloso
Elaborare una politica di prevenzione coerente che integri la tecnologia, l'organizzazione del lavoro, le condizioni di lavoro, le relazioni sociali e i fattori legati all'ambiente di lavoro
Dare la priorità alle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale
Impartire adeguate istruzioni ai lavoratori

9.4.2 Eliminazione del pericolo

Il metodo più efficace per controllare i rischi è quello di eliminare del tutto i pericoli, eventualmente ricorrendo ad un processo alternativo che non comporti la generazione di forti campi elettromagnetici. È chiaro, tuttavia, che ciò non sarà sempre realizzabile. Spesso non vi sarà un processo alternativo idoneo, oppure le alternative disponibili potrebbero comportare altri tipi di pericoli che comportano rischi uguali o maggiori per i lavoratori.

9.4.3 Ricorso a processi o apparecchiature meno pericolose

Un approccio efficace per ridurre i rischi derivanti dai campi elettromagnetici consiste nel sostituire i processi o le apparecchiature con altri che producono meno campi elettromagnetici.

9.4.4 Misure Tecniche

L'attuazione di misure tecniche ha il vantaggio di offrire una protezione collettiva e di combattere i rischi alla fonte. Inoltre, solitamente saranno più affidabili delle misure organizzative giacché non dipendono dall'iniziativa delle singole persone. Alcune misure tecniche, illustrate qui di seguito, possono rivelarsi efficaci nell'impedire o limitare l'accesso ai campi elettromagnetici.

Schermatura

La schermatura può essere un modo efficace per ridurre i campi elettromagnetici prodotti da una sorgente e spesso è incorporata nella progettazione dell'apparecchiatura al fine di limitare le

emissioni. In pratica gli schermi per campi elettrici a radiofrequenza e a bassa frequenza rinchiudono la sorgente all'interno di una superficie conduttrice (una gabbia di Faraday). Questa normalmente è costituita da una lamiera o una rete metallica, ma è possibile usare anche altri materiali, come ceramica, plastica e vetro, con uno o più rivestimenti metallici oppure con una rete metallica inserita all'interno. Quest'ultimo procedimento è utile per gli sportelli qualora sia necessario controllare visivamente il processo.

Per essere efficace lo schermo dev'essere continuo. Eventuali interruzioni o giunture devono essere assai più piccole della lunghezza d'onda del campo elettromagnetico. Per questo motivo i pannelli che costituiscono lo schermo dovranno essere di norma fissati uno all'altro mediante viti o bulloni posti a distanza estremamente ravvicinata. Se è necessario rimuovere un pannello, questo dovrà essere rimontato applicando tutti i mezzi di fissaggio previsti per ridurre al minimo le fuoriuscite. Porte e pannelli di accesso sono dotati solitamente di una guarnizione di contatto per tutta la loro lunghezza. A parte eventuali interruzioni e giunture, l'efficacia della schermatura dipende dal materiale con cui è costruita, dallo spessore, dalla forma della schermatura stessa e dalla frequenza del campo.

I cavi e le altre guide di onde utilizzate per la trasmissione dei campi a radiofrequenza sono di norma schermati. Ciò serve essenzialmente a evitare l'emissione di onde radio, che provocherebbe forti perdite, ma anche a limitare l'entità dei campi ambientali. Qualsiasi perdita dell'integrità dello schermo può comportare fuoriuscite; occorre pertanto vigilare sul possibile deterioramento di giunture o gomiti.

Ripari

I ripari possono rappresentare un mezzo economico ed efficace per limitare l'accesso ad aree con forti campi elettromagnetici. Quando si installa un riparo in campi elettromagnetici di forte entità, è necessario scegliere il materiale del riparo in funzione del campo. Potrebbe quindi essere opportuno utilizzare materiali non metallici. Inoltre, se si installano ripari metallici bisogna considerare il problema delle scariche di scintille e delle correnti di contatto, nonché di un adeguato collegamento di massa.

Interblocchi

Se per limitare l'accesso a forti campi elettromagnetici si utilizzano ripari mobili, il riparo stesso dev'essere interbloccato alla sorgente del campo elettromagnetico. Il dispositivo di interblocco controlla la posizione del riparo e impedisce la generazione del campo elettromagnetico quando il riparo non si trova in posizione di completa chiusura. Esistono vari tipi di dispositivi di interblocco, ognuno dei quali comporta vantaggi e svantaggi. La scelta del dispositivo più appropriato dipende dalle circostanze specifiche e dev'essere effettuata tenendo conto dell'esito della valutazione dei

rischi.

Gli interblocchi devono soddisfare le pertinenti norme europee e devono essere installati con sistemi di fissaggio che richiedono l'utilizzo di un utensile per la rimozione.

Dispositivi di protezione sensibili

Laddove non sia possibile installare ripari fissi o mobili, un'altra opzione sono i dispositivi di protezione sensibili. Di questi fanno parte le barriere fotoelettriche, i dispositivi di scansione e tappeti sensibili alla pressione. Le apparecchiature possono rilevare l'ingresso o la presenza di una persona nell'area dei campi di forte entità e possono impedire il funzionamento delle apparecchiature che generano campi elettromagnetici. I dispositivi di protezione sensibili si avvalgono di una serie di tecnologie di rilevazione, la cui idoneità varia a seconda della situazione specifica. Per scegliere il sistema più adatto i datori di lavoro devono rivolgersi a consulenti esperti. In particolare, occorre tener conto del rischio di interferenze da parte di forti campi elettromagnetici.

Dispositivo di comando a due mani

Si può utilizzare un dispositivo di comando a due mani che richiede l'uso di entrambe le mani dell'operatore (attivazione simultanea). Ciò può rivelarsi utile per garantire che un operatore si trovi in una posizione specifica o che le sue mani restino fuori dall'area del campo di forte entità. Il dispositivo, tuttavia, non offre alcuna protezione agli altri lavoratori.

Arresti di emergenza

Se i lavoratori possono accedere ad ambienti potenzialmente pericolosi, è indispensabile predisporre arresti di emergenza. Gli arresti di emergenza più conosciuti sono i pulsanti rossi a fungo. L'arresto di emergenza deve essere a risposta rapida, interrompere tutti i servizi dell'area e impedirne il riavvio prima che sia stato effettuato il resettaggio. I pulsanti degli arresti di emergenza devono essere posizionati nell'ambiente in quantità sufficiente in modo che ce ne sia sempre uno facilmente raggiungibile, e in ogni caso senza che sia necessario attraversare una zona pericolosa. Se gli arresti vengono installati in aree molto estese, conviene utilizzare interruttori a trazione di cavo piuttosto che pulsanti.

Misure tecniche per evitare le scariche di scintille

Le scariche di scintille possono verificarsi in forti campi elettromagnetici quando una persona tocca un oggetto conduttore il cui potenziale elettrico è diverso poiché uno dei due è collegato a terra e l'altro no. Le scariche di scintille possono essere evitate eliminando queste differenze di potenziale, mediante misure tecniche come la messa a terra degli oggetti conduttori e il collegamento dei lavoratori con oggetti di lavoro conduttori (collegamento equipotenziale). In pratica potrebbe essere difficile attuare tutte queste misure tecniche data la difficoltà di realizzare

efficacemente la messa a terra o il collegamento degli oggetti mobili. Di conseguenza di solito occorre associare alle misure tecniche adeguate misure organizzative, soprattutto la formazione del personale e, se possibile, l'utilizzo di attrezzature di protezione individuale.

Misure tecniche per evitare le correnti di contatto

Se una persona tocca un oggetto conduttore in un campo a radiofrequenza e uno dei due non è collegato a terra, la corrente di radiofrequenza può attraversare la persona fino a terra; ciò può provocare scosse o ustioni. È possibile attuare alcune misure per limitare le correnti di contatto. Riducendo l'intensità dei campi di dispersione, si riduce l'intensità di corrente della radiofrequenza, e si possono apportare ulteriori miglioramenti mediante isolamento e essa a terra. Infine, occorre osservare che misure organizzative come la rimozione di oggetti conduttori inutili, soprattutto quelli di grandi dimensioni, ridurranno le occasioni di contatto.

9.4.5 Misure organizzative

In alcune situazioni potrebbe essere impossibile ridurre al minimo i rischi derivanti dai campi elettromagnetici mediante misure tecniche. In tali situazioni, il passo successivo sarà considerare l'opportunità di ricorrere a misure organizzative. Queste misure devono comunque prevedere la protezione collettiva, ma poiché solitamente dipendono dalle azioni delle persone sulla base delle informazioni disponibili, la loro efficacia sarà proporzionale alle azioni di tali persone. Le misure organizzative svolgono comunque un ruolo importante e possono costituire la principale misura di controllo in alcune circostanze, per esempio durante la messa in servizio e la manutenzione. La scelta delle misure organizzative dipende dalla natura dei rischi e dal modo in cui è svolto il lavoro. Le misure possono comprendere la delimitazione di aree e la restrizione dell'accesso, segni, segnali ed etichette, nonché la nomina di addetti alla supervisione di aree o attività lavorative e procedure scritte.

Delimitazione dell'area e restrizione dell'accesso

In alcune situazioni la restrizione dell'accesso ad aree di campi di forte entità mediante misure tecniche, come i ripari, potrebbe essere di difficile attuazione. In queste situazioni si potrebbe utilizzare un ventaglio di misure organizzative per delimitare le aree in questione e imporre restrizioni all'accesso o alle attività. In generale si tratta di collocare segnali o avvisi, spesso insieme a segnaletica al suolo, per avvertire i lavoratori dei rischi e identificare le aree dei campi di forte entità.

Segnaletica e avvisi di sicurezza

I segnali e gli avvisi costituiscono un elemento importante di qualsiasi sistema di misure organizzative. L'efficacia della segnaletica e degli avvisi di sicurezza dipende dalla loro chiarezza e

inequivocabilità. Devono essere collocati all'altezza degli occhi per ottimizzarne la visibilità. La natura del pericolo dev'essere indicata chiaramente. Pittogrammi esemplificativi rilevanti per i campi elettromagnetici vengono riportati insieme ai loro significati riconosciuti. In generale sarà opportuno aggiungere un avviso con un testo supplementare per agevolare la comprensione. Questo approccio è particolarmente importante per quanto riguarda i segnali di prescrizione che impongono di indossare calzature o guanti isolanti o conduttori.

Procedure scritte

Qualora sia necessario ricorrere a misure organizzative per gestire i rischi derivanti da campi elettromagnetici, queste dovrebbero essere documentate nella valutazione dei rischi affinché tutti sappiano come occorre procedere. È necessario includere:

- la descrizione di tutte le aree oggetto di restrizioni particolari all'accesso o allo svolgimento di una determinata attività;
- informazioni dettagliate relative alle condizioni di accesso ad un'area o per lo svolgimento di una determinata attività;
- i requisiti specifici di formazione per i lavoratori (per esempio la formazione richiesta per superare temporaneamente il LA inferiore);
- i nominativi di coloro che sono autorizzati ad accedere alle aree;
- i nominativi dei membri del personale responsabili della supervisione del lavoro o dell'attuazione delle restrizioni di accesso;
- l'identificazione dei gruppi specificamente esclusi dalle aree, per esempio i lavoratori particolarmente a rischio;
- i particolari relativi alle disposizioni di emergenza, se del caso.

Copie delle procedure scritte devono essere consultabili nelle aree cui si riferiscono, e devono essere distribuite a tutte le persone potenzialmente interessate.

Informazioni sulla sicurezza del sito

È prassi comune fornire informazioni o istruzioni sulla sicurezza a coloro che entrano nel sito per la prima volta. Se nel sito sono state identificate alcune aree in cui l'accesso o attività specifiche sono soggetti a restrizioni, sarebbe opportuno spiegarlo nelle informazioni sulla sicurezza del sito.

È particolarmente importante sottolineare se ci sono aree in cui potrebbero esserci rischi per lavoratori particolarmente a rischio. I gruppi «a rischio» riconosciuti devono essere identificati ed è opportuno raccomandare a chiunque rientri in uno di questi gruppi di informarne l'ospite. Le informazioni devono comprendere un avviso per coloro che fanno parte di questi gruppi, ricordando di prestare attenzione a ulteriori segnali di avvertimento.

Supervisione e gestione

La sicurezza dei campi elettromagnetici dev'essere gestita tramite la stessa struttura di gestione della salute e sicurezza di altre attività potenzialmente pericolose. Le disposizioni organizzative possono variare nei dettagli a seconda delle dimensioni e della struttura dell'organizzazione. Se i campi sono sufficientemente forti da richiedere una gestione specifica, sarà di norma opportuno nominare un membro esperto del personale per supervisionare gli aspetti giornalieri della sicurezza dei campi elettromagnetici nel luogo di lavoro.

Istruzione e formazione

L'articolo 6 della direttiva EMF riguarda specificamente l'offerta di informazioni e formazione ai lavoratori che potrebbero essere esposti a rischi derivanti dai campi elettromagnetici sul luogo di lavoro.

Il livello di informazioni o formazione fornito sarà proporzionale ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici nel luogo di lavoro.

Progettazione e assetto dei luoghi e delle postazioni di lavoro

I rischi derivanti dai campi elettromagnetici spesso possono essere ridotti al minimo con costi minimi o pari a zero progettando l'assetto del luogo di lavoro in generale e le singole postazioni di lavoro in particolare.

Adozione di procedure di lavoro adeguate

I rischi derivanti dai campi elettromagnetici spesso possono essere ridotti al minimo con costi minimi o pari a zero progettando l'assetto del luogo di lavoro in generale e le singole postazioni di lavoro in particolare.

I lavoratori devono fare attenzione ad allontanare i cavi dal loro corpo, ogni qualvolta sia possibile, soprattutto se ci sono cavi diversi per la corrente di alimentazione e di ritorno.

Programmi di manutenzione preventiva

Le apparecchiature che generano campi elettromagnetici saranno oggetto di un regolare programma di manutenzione preventiva e, se del caso, a ispezioni che ne garantiscono il funzionamento efficiente. La manutenzione adeguata è prevista dalla direttiva sulle attrezzature di lavoro e serve a ridurre al minimo qualsiasi aumento di emissioni dovuto al deterioramento delle apparecchiature. Anche le misure tecniche per la limitazione delle emissioni o la restrizione dell'accesso a forti campi elettromagnetici devono essere soggette a manutenzione, ispezione e controlli continui per garantirne la piena efficienza.

La frequenza di queste attività di manutenzione e ispezione dipenderà dal tipo di apparecchiature, dal modo in cui vengono utilizzate e dall'ambiente in cui sono collocate. In generale i fabbricanti delle apparecchiature specificano gli intervalli di manutenzione adeguati e queste indicazioni sono

in linea di massima affidabili. Tuttavia, ambienti particolarmente critici o l'uso intensivo delle apparecchiature possono accelerare il tasso di deterioramento e in questi casi sono giustificate manutenzioni e ispezioni più frequenti.

Restrizione di movimento in campi magnetici statici

Il movimento in forti campi magnetici statici può comportare l'induzione di campi elettrici a bassa frequenza nel corpo che possono produrre una serie di effetti. Tali effetti possono essere ridotti al minimo limitando l'estensione e la velocità del movimento attraverso i campi. Ciò vale soprattutto per il movimento di parti del corpo, come la rotazione della testa. Con la formazione e/o la pratica, i lavoratori possono imparare a limitare i propri movimenti, riducendo così al minimo qualsiasi effetto.

9.4.6 Dispositivi di protezione individuale

In base ai principi di prevenzione sanciti nella direttiva quadro la protezione collettiva dovrebbe sempre avere la priorità rispetto alle misure di protezione individuale. Talvolta, tuttavia, misure tecniche od organizzative che consentano un'adeguata protezione collettive potrebbero non essere attuabili. In questi casi può essere necessario ricorrere a dispositivi di protezione individuale.

È opportuno accertare che i dispositivi di protezione individuale indossati per altri rischi siano compatibili con la presenza di forti campi elettromagnetici. Per esempio, stivali di sicurezza con puntali in acciaio potrebbero non essere adatti in un ambiente con forti campi magnetici statici, mentre i campi magnetici a bassa frequenza, se sufficientemente forti, riscaldano il rinforzo in acciaio. Alcune tute protettive hanno delle componenti elettroniche che possono essere soggette a interferenze in forti campi elettromagnetici. Problemi simili si riscontrano con gli otoprotettori attivi.

10. Conclusioni

Dall'esame della reazione si può affermare che l'impianto non presenta criticità particolari e che vengono rispettate, sia in fase di cantiere che in fase di esercizio, tutte le misure di prevenzione in linea con le norme in vigore per:

- ✓ Lavoratori Professionalmente esposti: tutelati dalla Direttiva 2013/35/UE, D.Lgs 159 del 2016;
- ✓ Popolazione e lavoratori non professionalmente esposti: tutelati dal DPCM 8 luglio 2003.

Data la distanza entro la quale esistono campi magnetici di entità superiore ai limiti di attenzione, distanza di 10 m, e data l'ubicazione delle cabine trafo all'interno del terreno privato recintato, si ritiene di non dover dotare la costruzione di ulteriore protezione esterna non verificandosi probabilità di assembramento di persone nell'area.

11. Normativa di riferimento

- **DM 29 maggio 2008** “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- **DPCM 8/07/2003**: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi magnetici ed elettrici alla frequenza di rete (50 Hz), generati dagli elettrodotti”.
- **Norma CEI 211-4** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.
- **Guida CEI R014** “Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza”.
- **D.lgs. 159/2016** attuazione della Direttiva Europea 2013/35/UE 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
- **D.lgs. 81/2008**, testo coordinato con il D.lgs. 106/2009, attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”.