



Siel Agrisolare S.r.l.

PROPONENTE:


- Via Dismano, 1280 47522 Cesena (FC) - sielagrisolareshrl@pec.it - PIVA 12000420963

REGIONE SICILIA AREA METROPOLITANA DI CATANIA COMUNE DI CALTAGIRONE

Oggetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 222,26 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 195 MW, UBICATO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) IN CONTRADA PIETRANERA E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI LICODIA EUBEA (CT) E CHIARAMONTE GULFI (RG)

ELABORATO: RELAZIONE SULL'ELETTROMAGNETISMO (DPCM 08/07/03 E DM 29/05/08)

PROGETTAZIONE: I-PROJECT S.R.L.

ELABORATO: AVCALT-T020	Elaborato da: Ing. Vincenzo Oliveto	COORDINATORE SIA: Ing. Salvatore Mele	IL PROGETTISTA: Arch. Antonio Manco
SCALA: -			
DATA: Giugno 2022	_____	_____	_____

Prot. int. n°: 0108	Rev.: 1	Mod.: 0
Pratica: Caltagirone	Archivio File:	



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI) - P.IVA 11092870960-PEC: i-project@legalmail.it

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA) - mail: a.manco@iprojectsr.com - Cell: 3384117245

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	8
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
4.1	Impianto fotovoltaico	9
4.1.1	Inverter	10
4.1.2	Cabine di trasformazione	12
4.1.3	Cabina di smistamento	16
4.1.4	Collegamenti elettrici	20
4.1.5	Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)	21
4.1.6	Tracker	23
4.2	Cavidotto MT	24
4.2.1	Descrizione delle condizioni di posa e installazione.....	25
4.2.2	Caratteristiche delle linee.....	26
4.3	Cavidotto interrato AT.....	30
5	DESCRIZIONE DELLE SORGENTI ELETTROMAGNETICHE CHE SI ANDRANNO AD INSERIRE NELL'AMBIENTE IN ESAME.....	33
6	IL DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DELL'8 LUGLIO 2003 E LA LEGGE QUADRO DEL 22 GENNAIO 2001 N. 36	37
7	METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAL CAVIDOTTO	43
7.1	Verifica fascia di rispetto e DPA cabine di smistamento in MT.....	47
7.2	Verifica fascia di rispetto e DPA sottostazione MT/AT.....	47
7.3	Soluzioni tecniche utilizzate per limitare la propagazione dei campi magnetici generati dal cavidotto	49
8	CONCLUSIONI.....	51

1 INTRODUZIONE

L'inquinamento da campi elettromagnetici, fenomeno conosciuto con il nome di elettrosmog, è motivo d'interesse da parte della popolazione ed è comprensibile per il fatto che la diffusione di sorgenti elettromagnetiche aumentano a dismisura e ciò provoca dei rischi potenziali per la salute delle persone direttamente esposte.

Gli enti principali preposti al controllo sanitario e ambientale, attualmente, sono: ANPA, ARPA, Regioni, ISPESL, ISS, Ministeri dell'Ambiente, Sanità e Telecomunicazioni.

Il monitoraggio continuo dei campi elettromagnetici da parte di questi enti, al quale sarà sottoposto anche il parco agrivoltaico di Caltagirone (CT) che si andrà a realizzare, permette di:

- informare i cittadini;
- garantire la salute delle persone;
- ottimizzare le scelte progettuali dei fornitori di energia elettrica;
- facilitare il compito per il controllo ambientale nell'assunzione di decisioni di tipo tecnico/amministrativo;
- attuare regolamenti in materia di protezione e tutela ambientale;
- superare la diffidenza dei cittadini nei confronti dell'installazione dei parchi eolici.

Il termine "radiazione" è utilizzato per indicare generalmente qualunque propagazione di energia da un punto all'altro dello spazio che non abbia necessità di un contatto diretto o del trasferimento di energia a un mezzo interposto.

Rientrano in questa definizione i campi elettromagnetici alle varie frequenze, (ionizzanti e non ionizzanti), e le particelle, (elettroni, protoni, neutroni etc...), che rappresentano i costituenti elementari della materia: entrambi, infatti, si propagano anche nel vuoto. Non rientra invece in questa definizione il rumore, che per propagarsi ha bisogno di un mezzo.

La natura della radiazione elettromagnetica varia a seconda della frequenza (f) d'oscillazione del campo elettrico e magnetico.

Essenzialmente i campi elettromagnetici possono essere distinti in due classi principali: radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, secondo la capacità o meno dell'onda di provocare ionizzazione in un atomo o in una molecola.

Le radiazioni ionizzanti sono tutte quelle forme di radiazione elettromagnetica che superano i 12 eV circa di energia (E) e che hanno quindi la proprietà di ionizzare atomi o molecole, ovvero romperne i legami interni.

Le radiazioni non ionizzanti (NIR, Non Ionizing Radiation) sono tutte quelle forme di radiazioni elettromagnetiche la cui energia (E) è talmente bassa, inferiore a 12 eV, che non sono in grado di ionizzare la materia.

$$E = h \times f$$

dove h è la costante di M. Planck e vale 4.13570×10^{-15} eVs, e f è la frequenza (Hz=1/s).

Le radiazioni ionizzanti comprendono i raggi x e i raggi g, anche i raggi cosmici, che pur non essendo onde elettromagnetiche, sono in grado di ionizzare la materia.

Denominazione	Sigla	Frequenza [f]	Lunghezza d'onda [l]	
Extremely Low Frequency	ELF	0 Hz ÷ 3 kHz	> 100 km	
Very Low Frequency (onde lunghissime)	VLF	3 ÷ 30 kHz	100 ÷ 10 km	
RADIOFREQUENZE	Low Frequency (onde lunghe)	LF	30 ÷ 300 kHz	10 ÷ 1 km
	Medium Frequency (onde medie)	MF	300 ÷ 3000 kHz	1 km ÷ 100 m
	High Frequency (onde corte)	HF	3 ÷ 30 MHz	100 ÷ 10 m
	Very High Frequency (onde metriche)	VHF	30 ÷ 300 MHz	10 ÷ 1 m
MICROONDE	Ultra High Frequency (onde decimetriche)	UHF	300 ÷ 3000 MHz	1000 ÷ 100 mm
	Super High Frequency (centimetriche)	SHF	3 ÷ 30 GHz	100 ÷ 10 mm
	Extremely High Frequency (onde millimetriche)	EHF	30 ÷ 300 GHz	10 ÷ 1 mm
INFRAROSSO	IR	0.30 ÷ 385 THz	1000 ÷ 0.78 µm	
LUCE VISIBILE		385 ÷ 750 THz	780 ÷ 400 nm	
ULTRA VIOLETTO	UV	750 ÷ 3000 THz	400 ÷ 100 nm	
RAGGI X		3 ÷ 3000 PHz	100 ÷ 0.10 nm	
RAGGI		Oltre 3 EHz	< 0.10 nm	

Classificazione delle onde elettromagnetiche

Le radiazioni non ionizzanti comprendono l'ultravioletto (UV), il visibile e l'infrarosso (IR), le microonde (EHF, SHF, UHF), le radiofrequenze (RF), fino ad arrivare al campo elettrico e magnetico a bassissime frequenze (ELF).

I campi elettromagnetici sono una componente fondamentale della nostra vita; la luce visibile, la radiazione ultravioletta, le onde radio, le microonde sono tutti esempi di radiazioni di campi elettromagnetici con diverse energie. Gli scambi di energia tra le varie componenti dell'atomo e tra atomi diversi sono anch'essi governati da campi elettromagnetici di diverse frequenze.

Sciame di particelle elementari raggiungono la Terra dagli spazi cosmici, come residuo delle reazioni termonucleari che hanno luogo nelle stelle e in particolar modo nel Sole.

La crosta terrestre stessa è ricca di elementi radioattivi, la cui disintegrazione produce particelle elementari, (radiazione alfa e beta), e campi elettromagnetici sotto forma di radiazione gamma.

Tutti gli esseri viventi utilizzano, in maniera diretta o indiretta, la componente visibile del campo elettromagnetico, la luce, senza la quale non sarebbe possibile la vita sulla terra; tutti si sono perlomeno adattati, anche senza utilizzarle, alle altre componenti dello spettro di radiazioni emesso dal Sole e alle radiazioni cosmiche.

Nell'ultimo secolo alle radiazioni naturali si sono aggiunte quelle prodotte dalle attività umane, utilizzate per gli scopi più vari nelle attività produttive, in medicina, nello scambio d'informazioni e, massicciamente, nella vita domestica; se inquinamento significa brusca variazione antropogenica dello stato "normale" della natura, indipendentemente dall'esistenza di effetti nocivi per la specie umana o per altre specie, allora ha sicuramente senso parlare d'inquinamento da radiazioni in tutte le aree antropizzate della Terra.

Le radiazioni che si andranno a immettere nell'ambiente dopo la costruzione del parco agrivoltaico sono di tipo non ionizzanti. Con il termine radiazioni non ionizzanti, come sopra precisato, è considerata tutta la gamma di frequenze del campo elettromagnetico che va da zero, (campi elettrici e magnetici statici), fino a 12 eV, (elettronvolt), e che comprende le radiazioni a bassissima frequenza generate dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica, dalle radioonde, dalle microonde e dalla radiazione visibile e ultravioletta.

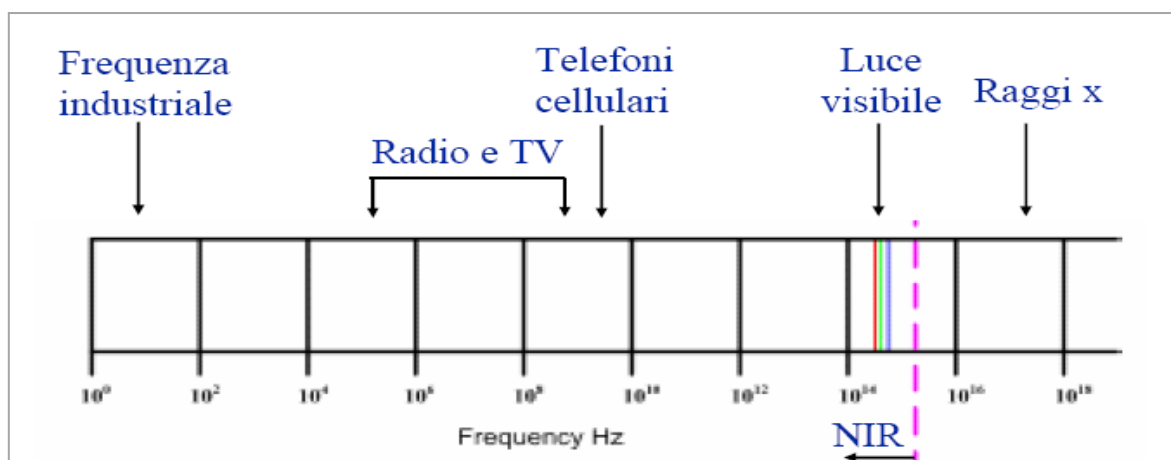


Figura 1: Radiazioni generate dalle attività umane a varie frequenze

Le radiazioni non ionizzanti com'è implicito nella definizione, sono radiazioni che non possiedono l'energia sufficiente a ionizzare un atomo o una molecola.

I loro effetti sui materiali cambiano moltissimo al cambiare della frequenza: per i campi statici e di bassissima frequenza gli effetti sono legati allo spostamento delle cariche elementari e alle correnti indotte, per le radiofrequenze gli effetti sono prevalentemente associati all'assorbimento di energia da parte delle strutture molecolari e al suo rilascio sotto forma di calore, per la luce visibile e ancor di più per l'ultravioletto è possibile l'eccitazione degli elettroni più esterni degli atomi, e il conseguente riassetto con emissione di energia.

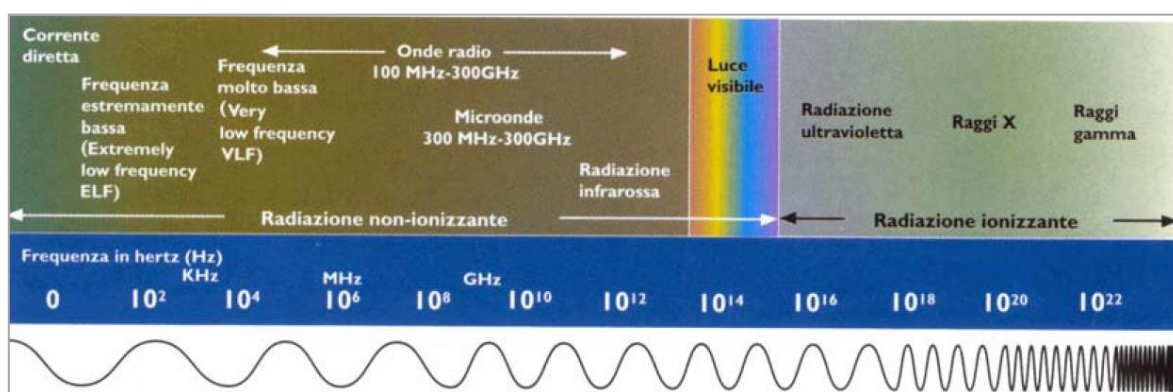


Figura 2: Spettro del campo elettromagnetico

Gli effetti delle radiazioni non ionizzanti sull'organismo umano sono ancora più variati: per la radiazione visibile e ultravioletta sono da sempre noti gli effetti sul sistema visivo e sulla cute, e sono attualmente studiati gli effetti modulanti della luce alle varie frequenze sull'attività dell'intero organismo. Per le radiofrequenze sono ben noti e studiati i danni provocati dall'assorbimento di calore, danni possibili solo al di sopra di una certa soglia, mentre non c'è ancora accordo sull'esistenza e sull'entità di danni risultanti da effetti di tipo non termico, (conclusioni di uno studio effettuato dall'ICNIRP - International Commission for Non Ionizing Radiation Protection).

A differenza delle radiazioni ionizzanti, per le radiazioni non ionizzanti l'apporto delle radiazioni generate artificialmente dall'uomo è notevole: infatti, l'intensità dei campi elettromagnetici di origine naturale nelle frequenze da 0 a 300 GHz è parecchie migliaia di volte inferiore a quella rilevabile mediamente negli ambienti antropizzati. È a questa componente del campo elettromagnetico che ci si riferisce quando si parla d'*inquinamento elettromagnetico*.

Il calcolo del campo elettromagnetico che sarà generato dagli elettrodotti nel sito individuato per l'installazione del parco agrivoltaico è stato effettuato con riferimento alle leggi vigenti in materia

come sarà dettagliatamente precisato nella presente trattazione che ha assunto come elemento fondamentale e non di dettaglio o marginale la tutela dell'ambiente e la salute pubblica.

Lo studio dello stato di fatto e i sopralluoghi effettuati per accertare l'esistenza di campi elettromagnetici nei luoghi d'installazione del parco agrivoltaico hanno portato alla conclusione che l'area interessata non presenta sorgenti elettromagnetiche a bassa frequenza pari a 50 Hz (ELF - Extra Low Frequency) e neanche sorgenti a Radiofrequenze (RF - Radio Frequency) comprese tra 300 kHz e 300 MHz.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti ed i singoli componenti saranno realizzati a regola d'arte (Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37). Le caratteristiche degli impianti e dei relativi componenti devono corrispondere alla normativa ed alla legislazione vigente alla data del contratto; tale conformità si intende riferita alle norme tecniche emanate dal C.E.I., dall'U.N.I., nonché nel rispetto della legislazione attualmente in vigore.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, le linee elettriche devono essere progettate, costruite ed esercitate secondo le norme elaborate dal Comitato Tecnico 11 del Comitato Elettrotecnico Italiano le quali costituiscono disposizioni di legge. I riferimenti legislativi sono:

- *Norma CEI 11-17 luglio 1997: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - linee interrate".*
- *Norme del Ministero dell'Interno per quanto attiene le disposizioni di sicurezza antincendio.*
- *Decreto Legislativo 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".*
- *Norma CEI 11-8 dicembre 1989: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – impianti di terra e successive varianti".*
- *Norma CEI 103-6 dicembre 1997: "Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto".*
- *Norma CEI 0-16 luglio 2007: "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica".*
- *Specifiche tecniche E-DISTRIBUZIONE DG2092 ed. 3.*

Quanto altro previsto dalla vigente normativa di legge, ove applicabile.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato interamente nel Comune di Caltagirone (CT) con opere connesse ricadenti nei Comuni di Licodia Eubea (CT) e Chiaramonte Gulfi (RG) ed è diviso in 12 aree la cui estensione è di circa 324 ettari e di cui si riporta di seguito una mappa.

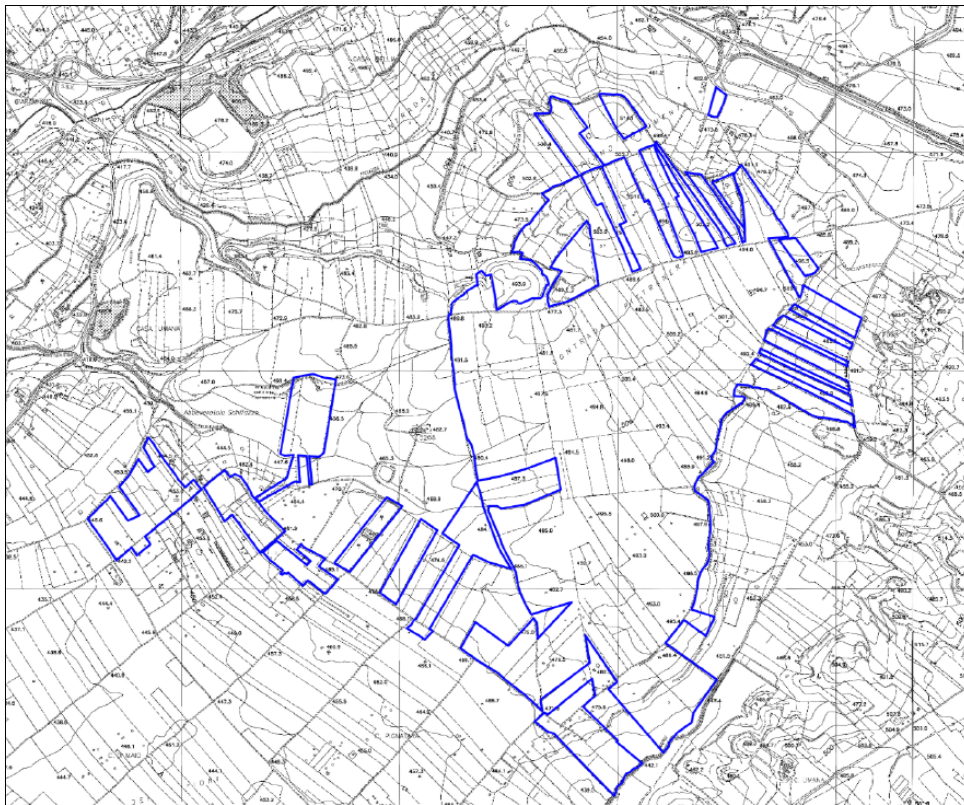


Figura 3: Inquadramento impianto su mappa CTR

Sul terreno non sono presenti vincoli che impediscono la realizzazione dell'impianto. L'area è ad uso agricolo. Le aree interessate sono raggiungibili percorrendo strade provinciale, comunali e vicinali. Il terreno non presenta vincoli paesaggistici, si è comunque progettato l'impianto in modo da ridurre il più possibile l'impatto visivo, utilizzando strutture di sostegno a bassa visibilità ed idonea fascia di piantumazione perimetrale.

Le 12 aree interessate all'installazione dei pannelli fotovoltaici presentano una morfologia pianeggiante e i terreni sono prevalentemente coltivati a seminativo non irriguo.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Tenuto conto della superficie disponibile e della tecnologia ad oggi disponibile sul mercato, si stima una potenza installabile di circa 222.26 MWp.

I moduli saranno organizzati in stringhe al fine di ottimizzare sia la disposizione dei moduli, sia la struttura metallica di sostegno degli stessi. A gruppi le stringhe convoglieranno in quadri di parallelo stringhe (string box). Le uscite delle string box dislocate sul campo saranno poi canalizzate negli inverter di cabina.

Data l'estensione dell'impianto, le cabine di trasformazione saranno dislocate nelle 12 aree in cui è diviso l'impianto. In ogni cabina di trasformazione sarà presente un trasformatore in resina MT/bt 0,8/30 kV di potenza 6.000 kVA. A valle del trasformatore sarà installato un Quadro MT con relè di protezione elettronico con protezioni implementate 50, 51 e 51N dal quale partirà la linea MT che si attesterà nella cabina di trasformazione successiva o direttamente nella cabina di smistamento relativa ad ogni area. In ogni area sarà presente una cabina di smistamento da cui partirà la linea MT che si attesterà direttamente in sottostazione.

Per ulteriori dettagli e per una visione generale del sistema elettrico si rimanda allo schema unifilare generale.

I moduli fotovoltaici previsti per tale impianto sono in silicio. Il modulo è costituito da celle collegate in serie, incapsulate tra un vetro temperato ad alta trasmittanza, e due strati di materiali polimerici (EVA) e di Tedlar, impermeabili agli agenti atmosferici e stabili alle radiazioni UV. La struttura del modulo fotovoltaico è completata da una cornice in alluminio anodizzato provvista di fori di fissaggio.

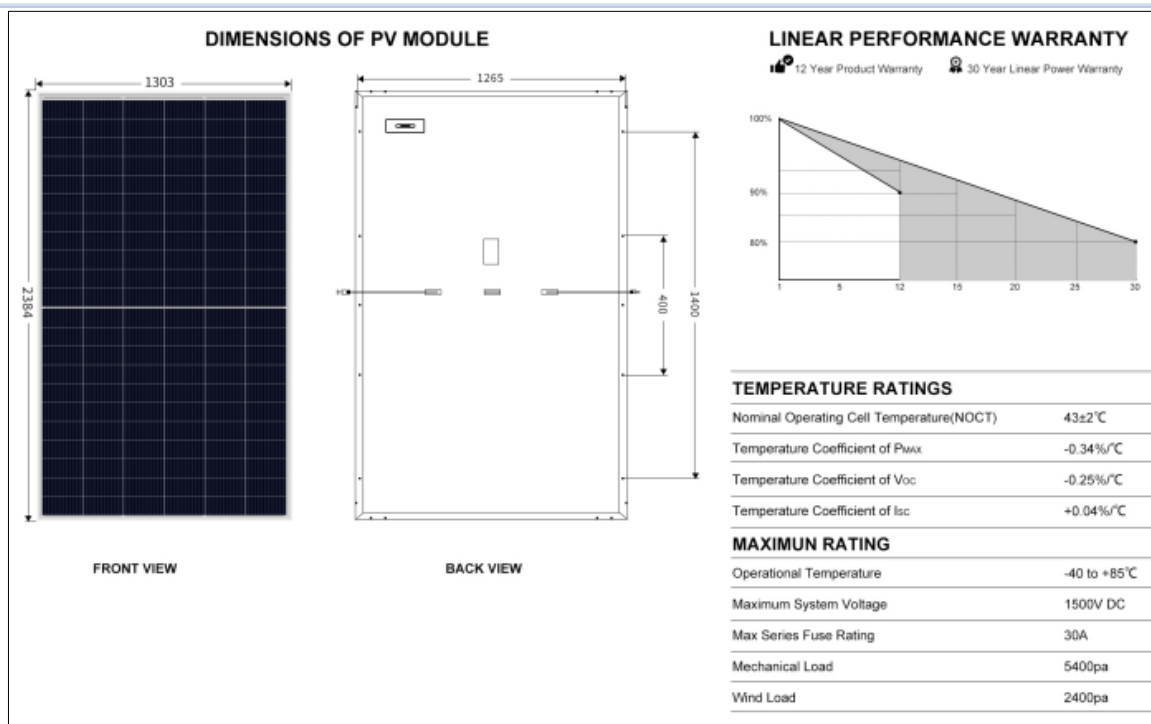


Figura 4: Data Sheet generatore solare

Ciascun modulo sarà dotato, sul retro, di n. 1 scatola di giunzione a tenuta stagna IP68 contenente 3 diodi di bypass e tutti i terminali elettrici ed i relativi contatti per la realizzazione dei cablaggi.

Le caratteristiche costruttive e funzionali dei pannelli dovranno essere rispondenti alle Normative CE, e i pannelli stessi sono qualificati secondo le specifiche IEC 61215 ed. 2, IEC 61730-1 e IEC 61730-2. Le specifiche tecniche e dimensionali dei singoli moduli dovranno essere documentate da attestati di prova conformi ai suddetti criteri.

4.1.1 Inverter

L'inverter previsto per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è del tipo di stringa e saranno installati in campo.

Presso ciascuna cabina di trasformazione potranno essere installati fino ad un massimo di 36 inverter centralizzati, del produttore HUAWEI, modello SUN2000-215KTL-H0 di potenza nominale pari a 200 kW.

Tutti gli inverter presentano la medesima tecnologia di conversione, il medesimo software di controllo e le stesse funzioni di interfaccia di rete.

Efficiency		
Max. Efficiency		≥99.00%
European Efficiency		≥98.60%
Input		
Max. Input Voltage		1,500 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		50 A
Start Voltage		550 V
MPPT Operating Voltage Range		500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage		1,080 V
Number of Inputs		18
Number of MPP Trackers		9
Output		
Nominal AC Active Power		200,000 W
Max. AC Apparent Power		215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		215,000 W
Nominal Output Voltage		800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A
Max. Output Current		155.2 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 (189.6 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

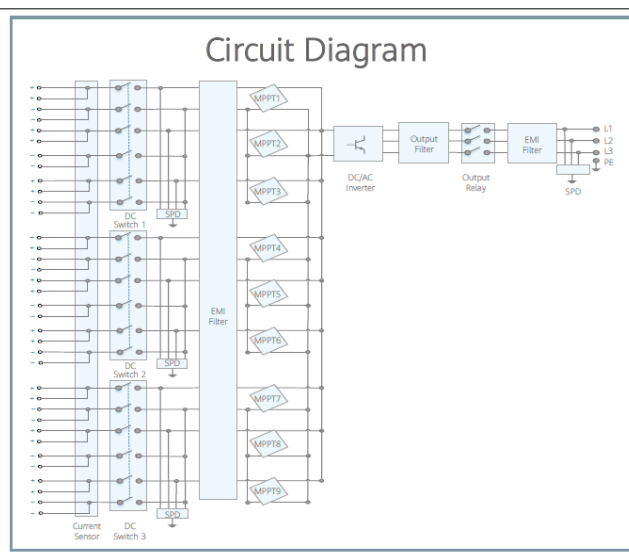
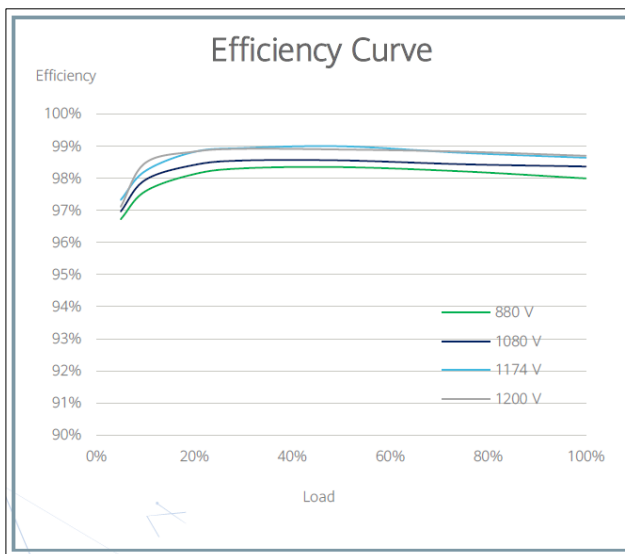


Figura 5: Data sheet tipo di un inverter

Si rappresenta che i modelli e le quantità di inverter possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

4.1.2 Cabine di trasformazione

Le Power Station (o cabine di trasformazione) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) a media tensione (MT).

L'energia prodotta dal sistema di conversione CC/CA (inverter) sarà immessa nel lato BT di un trasformatore 30/0,8 kV di potenza pari a 6000 kVA.

La Power Station è costituita da elementi prefabbricati in cls vibrato RbK35 confezionato con cemento tipo 525 ad alta resistenza ed adeguatamente armati con acciaio B450C, tali da garantire pareti interne lisce, senza nervature e con una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali., progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Le pareti (esterne ed interne) avranno spessore 9 cm ed il pavimento sopraelevato spessore 10 cm. Le armature metalliche sono collegate all'impianto di messa a terra per garantire l'equipotenzialità della cabina.

I giunti di unione dei diversi elementi che compongono la struttura vengono stuccati sia internamente che esternamente con prodotti siliconici per una perfetta tenuta d'acqua con interposte delle guaine elastiche a miscela bituminosa, in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno IP23D Norme CEI 70/1.

In ottemperanza alle Norme CEI 99-2, Norme CEI 99-3 e Norme CEI EN 62271-202, le pareti esterne sono protette da un rivestimento murale plastico di colore verde e le pareti interne sono tinteggiate con idropittura traspirante bianca.

La copertura piana è calcolata per un carico uniformemente distribuito determinato secondo quanto previsto dal D.M.del 17/01/2018 ed è impermeabilizzata mediante stesura a caldo di guaina bituminosa.

Normalmente nelle cabine sono previsti dei pannelli intermedi in c.a.v. atti a dividere la cabina in locali; vengono installate porte in resina complete di serratura e di finestrini di aerazione in resina che garantiscono l'aerazione naturale seguendo la guida CEI 99-4.

La fondazione prefabbricata a vasca interrata è provvista di fori a frattura prestabilita che possono ospitare dei passacavi a tenuta stagna del sistema tipo FG WOCS; in questo modo si soddisfa quanto richiesto dalla norma CEI 99-3 al punto 8.8 in materia ambientale garantendo la raccolta in caso di fuoriuscita di olio dal trasformatore. La fondazione può essere anche del tipo a platea realizzata in opera ricavando cunicoli e tubazioni necessarie al percorso dei cavi.

L'impianto di messa a terra esterno è eseguito con corda di rame nuda e dispersori a puntazza posti a 1 m dalla cabina elettrica realizzato secondo le disposizioni CEI EN 50522 CEI 99-3, garantendo l'assenza di tensioni di contatto e di passo pericolose.

Ciascuna Power Station conterrà al suo interno un numero da 1 a 36 inverter in corrente continua collegati in parallelo ad un quadro in bassa tensione per la protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Nel suo complesso, la Power Station avrà dimensioni in pianta pari a 7,50 x 2,50 m e altezza massima pari a circa 3 m compreso il basamento di fondazione.

Si rappresenta che i modelli e le quantità di power station possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

In fase esecutiva saranno forniti dal produttore gli elaborati di calcolo strutturale ai fini del deposito presso gli uffici del Genio Civile competente.

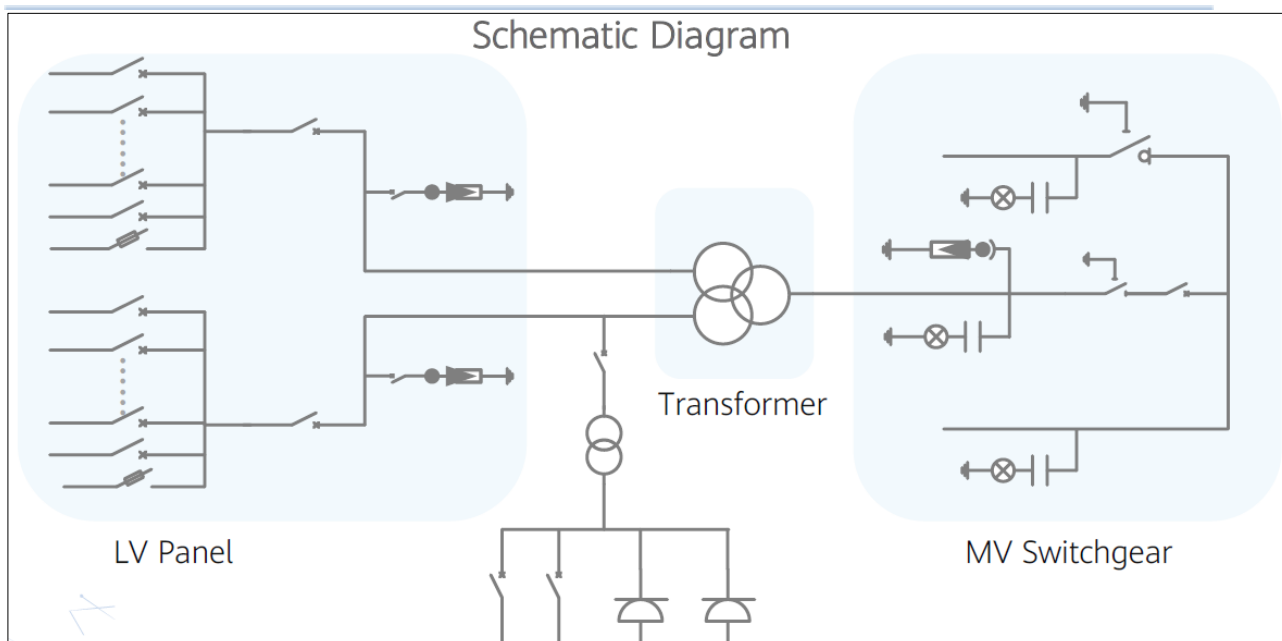


Figura 6: Schema elettrico cabina di trasformazione

Quadro di parallelo BT

Presso ciascuna PS sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore, prefabbricato dal produttore delle power station. Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni alle linee elettriche.

Trasformatore BT/MT

Presso ogni PS verrà installato un trasformatore elevatore MT/BT ad olio a doppio secondario a 30/0,8-0,8 kV, potenza a 6,3 MVA, ad alta efficienza.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in esterno.

Il trafo sarà opportunamente delimitato per impedire l'accesso alle parti in tensione.

Interruttori di media tensione

Nello shelter metallico della Power station verrà posizionato un quadro di media tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore e sez di terra);

-
- n.1 unità protezione trafo (sezionatore e fusibili);
 - n.1 unità di partenza (sezionatore e sez di terra)

Si rimanda alla specifica tecnica Power station per maggiori dettagli.

Quadri servizi ausiliari

La power station sarà fornita dei quadri di servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento degli impianti. Il quadro servizi ausiliari sarà diviso in tre sezioni:

- sezione in ingresso, nella quale confluisce la linea proveniente dal trafo MT/bt, protetta da appositi interruttori automatici;
- sezione ordinaria, nella quale sono presenti tutte le utenze ordinarie e non essenziali per il funzionamento della PS. In essa confluiscono due distinte linee (una proveniente dal trafo e l'altra da G.E., entrambe idoneamente protette con interruttori automatici e con scaricatori di sovratensione SPD;
- sezione privilegiata, le cui utenze sono alimentate sotto UPS.

Trasformatore BT/BT

Presso ciascuna Power Station verrà installato un idoneo trasformatore BT/BT per l'alimentazione del quadro servizi ausiliari BT-AUX .

UPS per servizi ausiliari

Verrà installato presso la Power Station un UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari presenti presso la PS. Il sistema UPS è dotato di DSP microprocessor control. Il sistema è costituito da un UPS base da 6000VA, al quale viene collegato un battery back di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base

Sistema centralizzato di comunicazione

Presso ciascuna Power Station verrà installata la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali inverter, misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali.

4.1.3 Cabina di smistamento

Le cabine di smistamento hanno la funzione di trasportare l'energia prodotta dalle varie aree del campo fotovoltaico alla SSE Utente tramite una linea a 30 kV.

La cabina di smistamento è costituita da elementi prefabbricati in cls vibrato RbK35 confezionato con cemento tipo 525 ad alta resistenza ed adeguatamente armati con acciaio B450C, tali da garantire pareti interne lisce, senza nervature e con una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali., progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Le pareti (esterne ed interne) avranno spessore 9 cm ed il pavimento sopraelevato spessore 10 cm. Le armature metalliche sono collegate all'impianto di messa a terra per garantire l'equipotenzialità della cabina.

I giunti di unione dei diversi elementi che compongono la struttura vengono stuccati sia internamente che esternamente con prodotti siliconici per una perfetta tenuta d'acqua con interposte delle guaine elastiche a miscela bituminosa, in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno IP23D Norme CEI 70/1.

In ottemperanza alle Norme CEI 99-2, Norme CEI 99-3 e Norme CEI EN 62271-202, le pareti esterne sono protette da un rivestimento murale plastico di colore verde e le pareti interne sono tinteggiate con idropittura traspirante bianca.

La copertura piana è calcolata per un carico uniformemente distribuito determinato secondo quanto previsto dal D.M.del 17/01/2018 ed è impermeabilizzata mediante stesura a caldo di guaina bituminosa.

Normalmente nelle cabine sono previsti dei pannelli intermedi in c.a.v. atti a dividere la cabina in locali; vengono installate porte in resina complete di serratura e di finestrini di aerazione in resina che garantiscono l'aerazione naturale seguendo la guida CEI 99-4.

La fondazione prefabbricata a vasca interrata è provvista di fori a frattura prestabilita che possono ospitare dei passacavi a tenuta stagna del sistema tipo FG WOCS; in questo modo si soddisfa quanto richiesto dalla norma CEI 99-3 al punto 8.8 in materia ambientale garantendo la raccolta in caso di

fuoriuscita di olio dal trasformatore. La fondazione può essere anche del tipo a platea realizzata in opera ricavando cunicoli e tubazioni necessarie al percorso dei cavi.

L'impianto di messa a terra esterno è eseguito con corda di rame nuda e dispersori a puntazza posti a 1 m dalla cabina elettrica realizzato secondo le disposizioni CEI EN 50522 CEI 99-3, garantendo l'assenza di tensioni di contatto e di passo pericolose.

Ciascuna cabina conterrà al suo interno un quadro MT, un trafo AUX e vi sarà un vano destinato a contenere le apparecchiature del TVCC e un UPS. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.



Figura 7: Tipica cabina di smistamento containerizzata

Quadro MT

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare

qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa. Il quadro MT a 36 kV sarà costituito da:

- n. 2 celle di partenza per il campo fotovoltaico composte da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-67N-57N;
 - n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo da sottostazione composta da:
 - sezionatore rotativo IMS 36kV 630A 20 kA;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:
 - sezionatore rotativo 24kV 400A 16 kA (1)
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella

- sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 2 TV fase-fase 30/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
 - trafo 50 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
 - n. 1 quadro AUX.

Trasformatore MT/BT servizi ausiliari

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:

- Tipo: MACE 500 kVA
- Metodo di raffreddamento: ONAN
- Potenza nominale: 50 kVA
- Tensioni nominali (a vuoto): 30 kV – 0.40 kV
- Collegamento fasi: Triangolo (MT) – Stella (BT)
- Vcc% 6%

Sistema di distribuzione CA/CC

Il sistema di distribuzione sarà da un quadro elettrico composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- raddrizzatore/caricabatterie a due rami con le seguenti caratteristiche:
 - tensione ingresso 230 V;
 - tensione uscita 110 V;
 - stabilità tensione $\pm 1\%$
- pannello di distribuzione CA e CC;
- n. 9 batterie ermetiche di accumulatori al piombo 12 V 40 A/h

Servizi ausiliari

Il quadro servizi ausiliari sarà composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- sistema periferico di controllo;
- interruttori, contattori, strumenti di misura e accessori come da schema elettrico.

Impianto elettrico e di illuminazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG7(O)R, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina. In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne 2x36 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- prese shuko;
- interruttori unipolari da 10 A;
- impianto antintrusione;
- impianto rilevazione incendio

4.1.4 Collegamenti elettrici

Tutti i collegamenti elettrici sono realizzati per mezzo di cavi a doppio isolamento (conduttore in rame, isolante e guaina in PVC) con grado di isolamento adeguato.

Le stringhe di moduli saranno realizzate con cavi interposti fra le scatole di terminazione di ciascun modulo e staffati sulle strutture di sostegno. Il collegamento fra moduli e fra stringa ed inverter sarà realizzato con cavo a doppio isolamento.

I cavi saranno posati mediante cavidotti interrati a 60 cm dal piano campagna per quanto riguarda la bassa tensione.

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.

- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi (I_z) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Altri cavi

Cavi di media tensione: RG7H1R 18/30 kV

Cavi di potenza AC: FG7OH2R 06/1 kV

Cavi di alimentazione AC: FG7OR

Cavi di comando: FG7OR Cavi di segnale: FG7OH2R

Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet

4.1.5 Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)

Le stringhe composte da 30 moduli verranno collegate alle cassette di parallelo stringa ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici, e saranno realizzati in policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna grado isolamento IP65 cercando di

minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico. All'interno saranno presenti dispositivi di sezionamento, fusibili ed il monitoraggio della corrente per ogni stringa, inoltre è predisposto un modulo per la comunicazione seriali dei dati.

Esse disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini e rotture dei moduli stessi. Dalle cassette di derivazione partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di trasformazione in cui sono contenuti gli inverter.

Le cassette di parallelo stringhe presentano le seguenti caratteristiche:

- sistema di comunicazione seriale completamente integrato con il sistema di telecontrollo con segnalazione di allarme in caso di perdita di comunicazione;
- misura della corrente di ogni singola stringa;
- rilevazione del mismatch e perdita di performance;
- antifurto 24/24h a misura di impedenza di stringa (opzionale);
- allarmi di apertura stringa e scarsa performance delle stringhe;
- due misure ambientali indipendenti (es. irraggiamento, temperatura, direzione e velocità del vento),
- autodiagnostica avanzata;
- contatto di segnalazione stato dell'interruttore DC;
- cassetta di parallelo stringhe con grado di protezione IP65;
- possibilità di connettere da 8 a 24 stringhe;
- connettori multicontact di serie;
- interruttore DC sotto carico;
- bobina di sgancio a lancio di corrente per installazioni su tetto secondo prescrizioni VV.FF.;
- scatola in policarbonato ignifuga e resistente ai raggi UV.

Le Protezioni di sovratensione sono costituite dalla connessione a Y di due SPD (Surge Protective Device) a varistore connessi tra i poli del campo fotovoltaico e una SPD (Surge Protective Device) spinterometrico tra punto comune a terra. L'SPD (Surge Protective Device) è un dispositivo di

protezione da sovratensioni di classe II dotato di contatto di telesegnalazione. I dispositivi di protezione sono del tipo a innesto in modo da agevolare la sostituzione degli SPD a seguito di un guasto.

4.1.6 Tracker

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (chiamati usualmente con il termine inglese *tracker*) monoassiali.

Si tratta di strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest.

L'intervallo di rotazione completo del tracker da est a ovest è pari a 110° (tra -55° e +55°).

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
GENERAL FEATURES	
Solar tracker type	Single row Single-Axis
Tracking range	±55° (110°)
Driver	Linear actuator
Configuration	Two modules in portrait (2P) up to 4 strings per tracker (1500V string)
Solar module supported	Framed
Foundation options	Direct ramming / Pre-drilling + ramming / Micropile / PHC piles
Pile section	W
Modules attachment	Bolts, Rivets and Clips
Piles per MW (550Wp module)	~106 piles/MW ⁽¹⁾ (120 modules per row)
(450Wp module)	~130 piles/MW ⁽¹⁾ (120 modules per row)
Terrain adaptability	15% N-S ⁽²⁾
Wind and snow loads tolerance	Tailored to site requirement
Rear shading factor	0.8%
STRUCTURE	
Material	Steel S275 & S355 (EN 10025) or equivalent
Coating	HDG, Z275 (G90) and ZM310 ⁽³⁾
CONTROLLER	
Controller	Electronic board with microprocessor
Ingress protection marking	IP65
Tracking method	Astronomical algorithms + SuperTrack technology ⁽⁴⁾
Advanced wind control	Smart wind gust alarm
Anemometer	Electric pulse/Ultrasonic
Night-time stow	Configurable
Communication with the tracker	Wired option: RS485 Wireless option: LoRa/Zigbee
Operating conditions	Altitude < 5000m ⁽⁵⁾ Temperature: -30°C to 60°C
Sensors	Digital inclinometer
Power (motor drive)	DC motor: 0.15kW
Power supply	Grid connection / String powered / Self-powered with battery



Figura 8: Tracker monoassiali

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore può essere 30 o 60 moduli.

L'installazione degli inseguitori avviene mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di una macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungono una profondità minima di 1,5 – 2 m dal piano campagna e sono poi sottoposti a prove di resistenza.

La scelta di questo tipo di inseguitore con pali infissi direttamente evita l'utilizzo di cemento per le fondazioni e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

4.2 CAVIDOTTO MT

Il parco fotovoltaico, attraverso un cavidotto interrato costituito da 12 linee in media tensione 18/30kV verrà connesso con la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT, dove verrà innalzato il livello di tensione a 150 kV per il successivo collegamento alla Stazione della RTN tramite un elettrodotto interrato in alta tensione a 150 kV.

Il tracciato della linea è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico.

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. N. 36 del 22/02/2001, nello studio del tracciato si è tenuto conto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

L'elettrodotto di media tensione in cavo interrato a 30 kV consentirà di collegare le cabine di impianto per la produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile progettato, con il sistema in media tensione della Stazione Elettrica di Utenza MT/AT.

La linea si svilupperà secondo il tracciato riportato nella seguente figura:

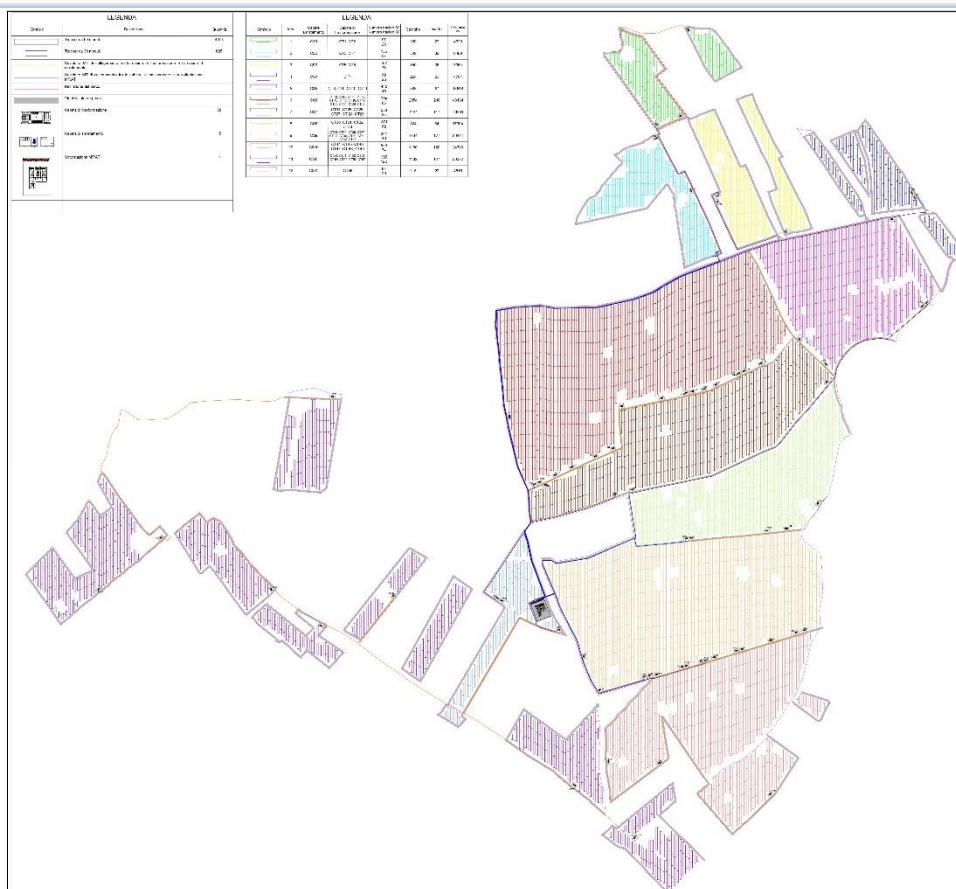


Figura 9: Layout parco fotovoltaico

4.2.1 Descrizione delle condizioni di posa e installazione

Le linee elettriche di media tensione, oggetto della presente relazione tecnica, saranno realizzate in cavo interrato ad una profondità di posa non inferiore a 1,2 m. Si svilupperanno all'interno di una trincea di scavo larga circa 1,0 m e profonda 1,2 m, secondo il percorso indicato nelle tavole di progetto.

I cavi saranno posati direttamente nel terreno (posa diretta), previa realizzazione di un sottofondo di posa con terreno vagliato e/o sabbia, al fine di ridurre eventuali asperità che potrebbero danneggiare gli stessi. All'interno della trincea di scavo sarà prevista la posa di un tritubo e la posa di un nastro di segnalazione con la dicitura cavi elettrici a circa 30÷50 cm al di sopra dei cavi.

La realizzazione dei cavidotti MT sarà effettuata tenendo conto della presenza degli eventuali altri servizi interrati lungo il tracciato (sistema idrico, rete di distribuzione del metano, reti TLC etc.). In fase esecutiva, il Soggetto Richiedente prenderà accordi con gli Esercenti di tali servizi al fine di assicurare il rispetto delle prescrizioni della norma CEI 11-17 e del DM 24.11.1984.

La posa dei cavi avverrà per lo più su "strada pubblica" limitando al minimo necessario la posa su "terreni privati", interessati esclusivamente per servitù.

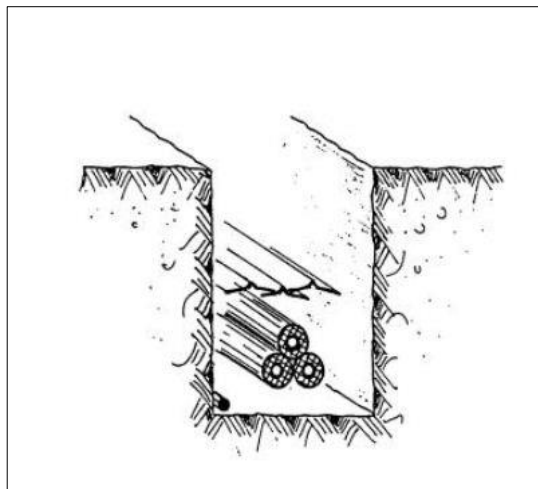


Figura 10: Esempio di posa cavo MT

4.2.2 Caratteristiche delle linee

Le linee elettriche sono state dimensionate in funzione della potenza da trasmettere, assumendo condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 1,2 m;
- resistività termica del terreno pari a 1°C m/W ;
- temperatura di posa pari a 30°C ;

Il dimensionamento è stato eseguito applicando il criterio termico, tenendo conto della potenza da trasmettere, e la sezione scelta è stata verificata con il criterio della l'energia specifica passante (K^2S^2) tollerabile dal conduttore.

La tipologia di cavo scelto per la realizzazione delle linee di media tensione è di seguito riportata.

Tipo di Cavo	RG7H1R 18/30 kV
Conduttore	ARame
Isolante	Mescola di gomma ad alto modulo G7
Tensione Nominale	30 kV
Tensione Isolamento	18/30 kV
Circuito	RST
Temperatura Funzionamento	90 °C
Temperatura Corto Circuito	250 °C
Categoria	A
Profondità di Posa	1.2 m
Distanza Circuiti Adiacenti	7 cm o 25 cm
Tipo di Posa	Direttamente interrato in terra umida
Protezione Meccanica	Elementi rettangolari in materiale composito a matrice di resina
Codice Posa	63
Temperatura Ambiente	30 °C

Lungo lo sviluppo della linea, in media ogni 400/500 m, è prevista la realizzazione di giunti dielettrici di media tensione, di collegamento tra le varie pezzature di cavo.

Essi saranno costituiti da materiali simili o comunque compatibili con quelli del cavo stesso su cui saranno installati, e provvederanno:

- alla connessione dei conduttori di due pezzature di cavo mediante manicotti metallici chiamati connettori;
- all'isolamento del conduttore ed al ripristino dei vari elementi di cavo;
- al mantenimento della continuità elettrica tra eventuali schermi metallici dei cavi;

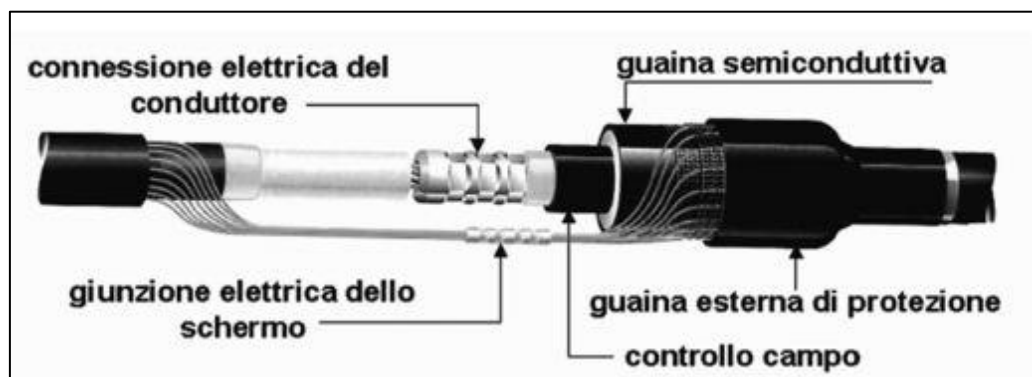


Figura 11: Giunto MT

I terminali, che costituiranno le estremità del cavo, provvederanno:

- alla connessione dei conduttori con le apparecchiature;
- al controllo del campo elettrico;
- alla sigillatura del cavo contro l'eventuale penetrazione di acqua o umidità.

Nello specifico, in questa fase della progettazione, è previsto l'utilizzo di terminali di tipo auto restringente, i quali vengono utilizzati per la connessione dei cavi ad apparecchiature con passanti dedicati sia all'interno che all'esterno.

Nella tabella sottostante si riportano le sezioni previste con le relative cadute di tensione.

DIMENSIONAMENTO LINEE																																
Area	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	Sezione [mm ²]	ΔU_n [%]	ΔU_n Totale [%]	Area	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	Sezione [mm ²]	ΔU_n [%]	ΔU_n Totale [%]															
Area 1	Linea CT1_CT2	RG7H1R 18/30 kV	1	706	1470	35	0,09	1,17	Area 8	Linea CT30_CT31	RG7H1R 18/30 kV	1	187	3045	35	0,04	0,31															
	Linea CT2_CS1	RG7H1R 18/30 kV	1	129	4620	35	0,05			Linea CT31_CT32	RG7H1R 18/30 kV	1	87	6909	70	0,02																
	Linea CS1_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2520	4620	35	1,03			Linea CT32_CT33	RG7H1R 18/30 kV	1	289	12579	240	0,06																
Linea CT3_CT4	RG7H1R 18/30 kV	1	267	4032	70	0,10	Linea CT33_CS8	RG7H1R 18/30 kV		1	44	17304	400	0,01																		
Area 2	Linea CT4_CS2	RG7H1R 18/30 kV	1	273	6489	70	0,09	0,83	Linea CS8_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	744	17304	400	0,18	Area 9	Linea CT34_CT35	RG7H1R 18/30 kV	1	143	3990	35	0,04	0,42								
	Linea CS2_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	1963	6489	70	0,64		Linea CT35_CT36	RG7H1R 18/30 kV	1	122	7224	95	0,03																	
Area 3	Linea CT5_CT6	RG7H1R 18/30 kV	1	364	2415	35	0,08	0,83	Linea CT36_CT37	RG7H1R 18/30 kV	1	118	11004	185	0,03		Area 10	Linea CT37_CT38	RG7H1R 18/30 kV	1	64	14784	300		0,02	0,74						
	Linea CT6_CS3	RG7H1R 18/30 kV	1	69	7350	95	0,02		Linea CT38_CT39	RG7H1R 18/30 kV	1	85	18690	500	0,02																	
Area 4	Linea CT7_CS4	RG7H1R 18/30 kV	1	40	4704	35	0,02	1,16	Linea CT39_CT40	RG7H1R 18/30 kV	1	110	22071	630	0,03			Area 11	Linea CT40_CT41	RG7H1R 18/30 kV	2	50	25305		240		0,01	1,35				
	Linea CS4_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2738	4704	35	1,14		Linea CT41_CS9	RG7H1R 18/30 kV	2	35	29232	300	0,01																	
Area 5	Linea CT8_CT9	RG7H1R 18/30 kV	1	902	5943	70	0,27	1,02	Linea CT42_CS9	RG7H1R 18/30 kV	1	174	7182	70	0,05				Area 12	Linea CT43_CT42	RG7H1R 18/30 kV	1	157		2940		35		0,03	0,19		
	Linea CT9_CT10	RG7H1R 18/30 kV	1	143	9891	150	0,04		Linea CT44_CT43	RG7H1R 18/30 kV	1	174	7182	70	0,05																	
	Linea CT10_CT11	RG7H1R 18/30 kV	1	494	15225	300	0,14		Linea CS9_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	623	36414	500	0,15																	
	Linea CT11_CS5	RG7H1R 18/30 kV	1	28	18648	500	0,01		Linea CT49_CT48	RG7H1R 18/30 kV	1	932	4767	35	0,06																	
Area 6	Linea CS5_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2027	18648	500	0,56	0,55	Linea CT48_CT47	RG7H1R 18/30 kV	1	371	8064	35	0,03					Area 11	Linea CT47_CT46	RG7H1R 18/30 kV	1		509		10710		240		0,06	1,35
	Linea CT12_CS6	RG7H1R 18/30 kV	1	306	2163	35	0,06		Linea CT46_CS10	RG7H1R 18/30 kV	1	88	16548	300	0,02																	
	Linea CT23_CT22	RG7H1R 18/30 kV	1	107	2961	35	0,03		Linea CS10_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	847	16548	300	0,20																	
	Linea CT22_CT21	RG7H1R 18/30 kV	1	160	7140	70	0,06		Linea CT50_CT52	RG7H1R 18/30 kV	1	1424	4347	35	0,42																	
	Linea CT21_CT20	RG7H1R 18/30 kV	1	65	10500	150	0,02		Linea CT51_CT52	RG7H1R 18/30 kV	1	300	3906	35	0,08																	
	Linea CT20_CT19	RG7H1R 18/30 kV	1	127	13818	240	0,04		Linea CT52_CT53	RG7H1R 18/30 kV	1	571	11571	240	0,14																	
	Linea CT19_CT18	RG7H1R 18/30 kV	1	169	17808	500	0,04		Linea CT53_CT54	RG7H1R 18/30 kV	1	231	15666	300	0,05																	
	Linea CT18_CT17	RG7H1R 18/30 kV	1	193	20895	630	0,06		Linea CT54_CT55	RG7H1R 18/30 kV	1	379	18039	300	0,09																	
	Linea CT17_CT16	RG7H1R 18/30 kV	2	85	24423	240	0,02		Linea CT55_CS11	RG7H1R 18/30 kV	1	1215	20979	300	0,31																	
	Linea CT16_CT15	RG7H1R 18/30 kV	2	109	28014	300	0,03		Linea CT56_CT57	RG7H1R 18/30 kV	1	289	4032	300	0,08																	
	Linea CT15_CT14	RG7H1R 18/30 kV	2	81	31374	400	0,02		Linea CS11_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	522	9093	300	0,13																	
	Linea CT14_CT13	RG7H1R 18/30 kV	2	78	35595	500	0,02		Linea CS12_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	187	30072	300	0,05																	
Area 7	Linea CT13_CS6	RG7H1R 18/30 kV	2	43	40971	630	0,01	0,73	Linea CT58_CS12	RG7H1R 18/30 kV	1	41	4515	300	0,01	Area 12	Linea CS12_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	589	4515	300	0,18									
	Linea CS6_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	467	43134	630	0,14		Area 12	Linea CT29_CT25	RG7H1R 18/30 kV	1	850	3528	35		0,20															
	Linea CT25_CS7	RG7H1R 18/30 kV	1	82	8421	95	0,02			Linea CT28_CT27	RG7H1R 18/30 kV	1	136	3822	35		0,04															
	Linea CT28_CT27	RG7H1R 18/30 kV	1	136	3822	35	0,04			Linea CT27_CT26	RG7H1R 18/30 kV	1	133	7644	95		0,03															
	Linea CT27_CT26	RG7H1R 18/30 kV	1	133	7644	95	0,03			Linea CT26_CT24	RG7H1R 18/30 kV	1	698	11172	185		0,16															
	Linea CT26_CT24	RG7H1R 18/30 kV	1	698	11172	185	0,16			Linea CT24_CS7	RG7H1R 18/30 kV	1	493	15540	300		0,12															
	Linea CT24_CS7	RG7H1R 18/30 kV	1	493	15540	300	0,12			Linea CS7_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	638	23961	185		0,16															
Linea CS7_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	638	23961	185	0,16																										

4.3 CAVIDOTTO INTERRATO AT

Il collegamento alla stazione RTN da realizzarsi sulla SE esistente 380/220/150 kV di Chiaramonte Gulfi (CT), permetterà di convogliare l'energia prodotta dal parco fotovoltaico alla rete ad alta tensione. A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto fotovoltaico sarà inviata allo stallo di trasformazione della stazione di Utenza 30/150 KV ubicata nell'area dell'impianto. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT interrato tra i terminali cavo della stazione d'utenza e i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete.

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto. Se si considera una potenza massima di 222.26 MW, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\phi} = \frac{222.26 * 10^6}{\sqrt{3} * 1500000 * 0.95} = 900.5 A$$

Dalla tabella dei cavi, per un cavo di sezione pari a 1000 mm² e per le condizioni standard da

XDRCU-ALT Single-core Cable									
220/127 (245) kV									
with Copper wire screen and Aluminium laminated sheath									
Construction					Remarks				
<ul style="list-style-type: none"> Aluminium conductor, round stranded or segmented, optionally with longitudinal water barrier Inner semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation XLPE main insulation, cross-linked Outer semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation Copper wire screen with semi-conductive swelling tapes above and below as longitudinal water barrier Aluminium foil, overlapped and glued as radial diffusion barrier bonded to the oversheath Thermoplastic oversheath as mechanical protection, optionally with semi-conductive and/or flame-retardant layer 					<ul style="list-style-type: none"> The inner semi-conductive layer, the XLPE main insulation and the outer semi-conductive layer are extruded in a single operation applying a dry curing and a water or nitrogen cooling method. 				
Features					Standards				
<ul style="list-style-type: none"> Very low weight Low losses Low cost Internationally proven design Suitable for most applications 					<ul style="list-style-type: none"> IEC 62067 ICEA S-108-720 AEIC CS9-06 				
Technical data									
Conductor cross-section	Outer diameter (approx.)	Cable weight (approx.)	AC resistance	AC resistance	Reactance	Reactance	Capacitance	Min. bending radius	Max. pulling force
mm ²	mm	kg/m	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	µF/km	mm	kN
400	97	10	101.0	101.0	147	232	0.126	2000	12
500	97	10	79.9	78.7	141	227	0.136	2000	15
530	98	10	62.0	61.5	132	217	0.158	2000	19
800	101	11	49.5	48.8	126	209	0.173	2100	24
1000	103	12	40.5	39.5	121	203	0.190	2100	30
1200	106	13	35.5	34.3	117	197	0.208	2200	36
1400	111	14	27.6	27.5	111	188	0.238	2300	42
1600	115	15	24.4	24.2	110	185	0.248	2300	48
2000	119	16	19.9	19.5	107	180	0.263	2400	60
2500	126	18	17.1	16.8	104	173	0.285	2600	76
Capacity									
Installation Amb. temp. Soil resist. Load factor	20 °C 1.0 Km/W			36 °C in air					
	1.0	1.0	0.7	0.7	-	-	-	-	-
Cross-section mm ²	A	A	A	A	A	A	A	A	A
400	531	581	629	674	645	706			
500	606	665	720	774	743	819			
530	694	767	831	900	871	969			
800	785	873	945	1030	1003	1125			
1000	876	962	1030	1165	1139	1290			
1200	944	1055	1148	1270	1245	1423			
1400	1079	1207	1320	1449	1459	1656			
1600	1153	1293	1412	1555	1571	1790			
2000	1283	1450	1577	1751	1776	2040			
2500	1389	1579	1716	1919	1962	2275			

Figura 12: Data Sheet cavo AT

catalogo, considerando la posa in piano, otteniamo un valore di corrente massimo pari a 982 A. Correggendo i valori della portata con le condizioni di posa, si ottiene un valore di I_z di 933 A, da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

La linea elettrica sarà costituita da una terna di cavi in alluminio con sezione 1x1000 mm² (diametro esterno cavo 103 mm), ad isolamento solido in polietilene reticolato (XLPE), con una portata nominale 982 A (@ 20°C, posa in piano), i quali saranno posati in tratte con lunghezze analoghe. Il collegamento delle

guaine- schermo sarà del tipo “Single Point Bonding”, mediante la posa di un cavo unipolare in rame (insieme alla terna di cavi unipolari AT) della sezione nominale di 400 mm² per il collegamento in parallelo delle terre dei terminali al fine

di evitare pericolosi valori di tensione di passo e di contatto.

La posa sarà effettuata con la disposizione “in piano” principalmente sul fondo di una trincea scavata ad una profondità di 150 cm.

I cavi saranno terminati nelle sottostazioni di partenza/arrivo con terminali montati su apposite strutture di sostegno (una per ciascun cavo).

Le dimensioni nominali della trincea di posa per semplice terna saranno di 90 cm di larghezza per 150 cm (minimo) di profondità. Nei tratti in trincea il cavo sarà posato con disposizione in piano, su di un letto di posa dello spessore di 10 cm costituito da sabbia o cemento; il tutto sarà poi ricoperto da un ulteriore strato dello spessore di 50 cm di cemento magro.

Verrà inoltre posata, a quota di 20 cm al di sopra del bauletto in cemento, una rete di segnalazione in materiale plastico di colore rosso-arancio con applicato sulla faccia superiore un nastro con la scritta “CAVI a 150.000 Volt” (o equivalente).

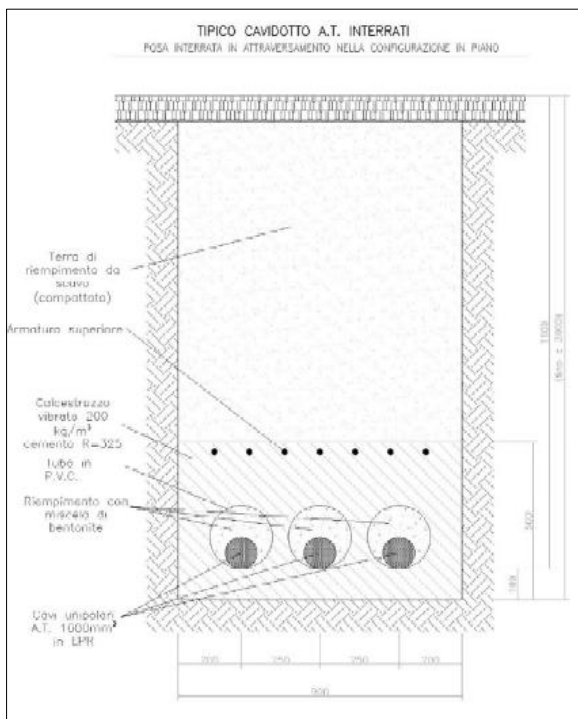


Figura 13: Posa tipo cavo AT

Laddove necessario verrà inoltre posata una palina con targa monitoria, piantata sul terreno a margine del tracciato del caavidotto.

Gli scavi verranno rinterrati con inerti di caratteristiche adeguate; per i tratti asfaltati dovrà essere ricostruito il sottofondo bitumato per uno spessore di 30 cm ed un tappeto d’usura per uno spessore minimo di 3 cm.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali la posa sarà effettuata in tubo. Tale operazione potrà avvenire con il sistema spingi tubo tradizionale. In casi particolari potrà essere utilizzato il sistema di perforazione teleguidata, consistente nell’esecuzione di un foro di attraversamento nel

quale verranno infilati tubi in PVC a protezione di ogni cavo componente la terna.

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- schermo semiconduttore;
- isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;
- schermo semiconduttore;
- dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti di corto circuito;
- rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina di PE nera grafitata.

5 DESCRIZIONE DELLE SORGENTI ELETTROMAGNETICHE CHE SI ANDRANNO AD INSERIRE NELL'AMBIENTE IN ESAME

La realizzazione degli elettrodotti con frequenza di esercizio a 50 Hz andrà a creare una sorgente elettromagnetica; che nel caso in esame è classificata come una sorgente non ionizzante, NIR, (Non Ionizing Radiation), a bassa frequenza ELF, (Extra Low Frequency), la cui energia non è tale da creare il fenomeno della ionizzazione e interagire con la materia apportando modifiche termiche, meccaniche e bioelettriche.

Alla frequenza di 50 Hz il campo elettrico e il campo magnetico sono separati tra loro e in particolare il campo elettrico prodotto da un sistema polifase di conduttori posti entro uno spazio imperturbato, può essere rappresentato geometricamente come un vettore che ruota in un piano descrivendo un'ellisse, quindi è associato alle cariche in gioco e alle tensioni, ed è presente quando la linea è posta in tensione, trattandosi inoltre di una grandezza variabile nel tempo, occorre distinguere tra il suo valore massimo, medio ed efficace, ricordando che la normativa fa solitamente riferimento ai valori efficaci, (gli studi epidemiologici considerano talvolta anche i valori medi o quelli di picco).

Nel nostro caso l'elettrodotto è interrato e il campo elettrico generato dalle terne trifasi è drasticamente ridotto grazie alla vicinanza dei conduttori, all'isolamento, allo sfasamento della corrente circolante nei cavi a -120° , 0° , $+120^\circ$, alla schermatura metallica che costituisce l'armatura dei cavi e al terreno in cui sono immersi i cavi.

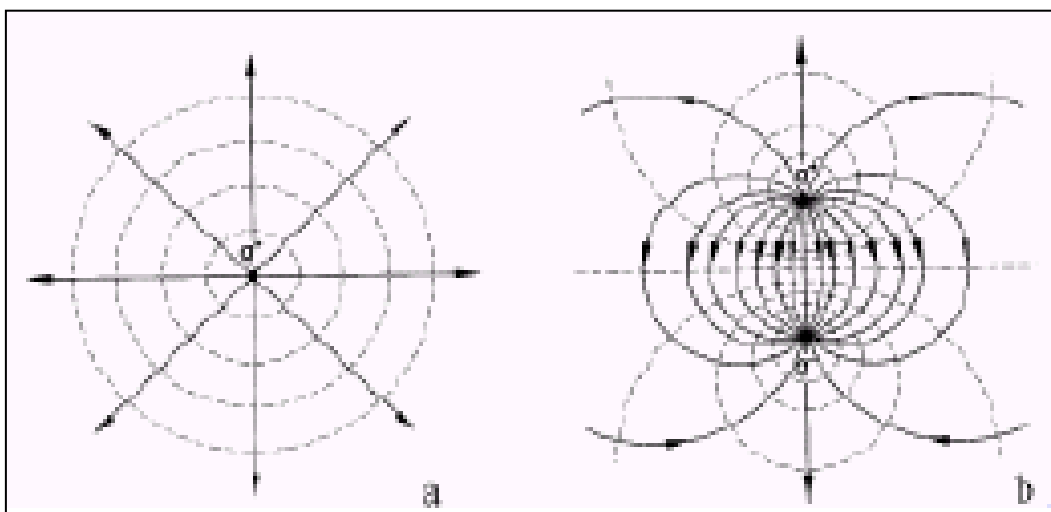


Figura 14: Linee di forza del campo elettrico

Il campo magnetico, al contrario, è associato alla corrente trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo “in tensione” e non trasporta energia, anche il campo magnetico è una grandezza vettoriale e nel caso di un sistema polifase in corrente alternata, il vettore campo magnetico nasce dalla composizione dei contributi di tutte le correnti circolanti nei conduttori e, come per il campo elettrico, ruota su un piano descrivendo un’ellisse: le norme fanno riferimento al valore efficace invece gli studi epidemiologici, come per i campi magnetici, si riferiscono anche a valori medi e di picco.

Il campo magnetico, al contrario del campo elettrico, non può essere schermato da materiali comuni ma solo con materiali ferromagnetici, per tale motivo bisogna calcolare il campo magnetico generato dal sistema polifase del cavo dritto in ottemperanza della normativa vigente in materia.

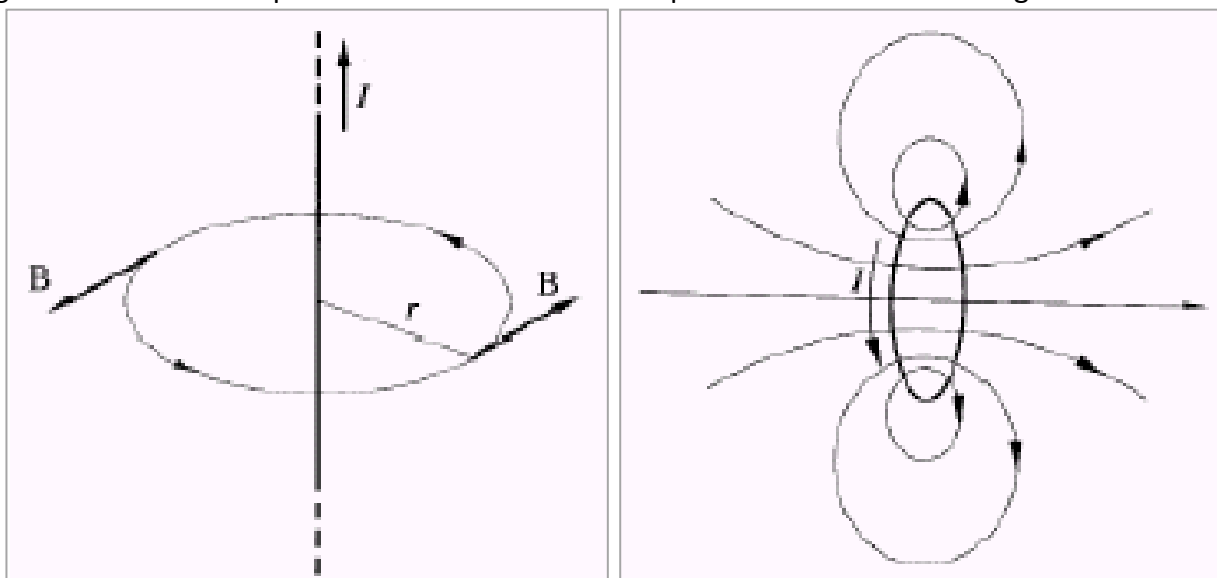


Figura 15: Linee di forza del campo magnetico

Il campo elettromagnetico si ha quando le cariche elettriche sono in movimento e danno luogo a una densità di corrente J che diventa sorgente di un campo magnetico B .

Il fatto che le cariche siano ferme o si muovano è relativo, pertanto è relativo anche il fatto che si abbia a che fare con un campo elettrico o con un campo magnetico.

Un campo elettrico variabile nel tempo genera un campo magnetico variabile nel tempo, in direzione perpendicolare a esso, e a sua volta quest’ultimo produce un nuovo campo elettrico variabile. La propagazione concatenata di questi campi produce il campo elettromagnetico.

Visivamente possiamo immaginarli come due onde perpendicolari fra loro, una magnetica e un'elettrica che viaggiano alla velocità della luce ($c = 2.98 \times 10^8$ m/s), e che sono chiamate onde elettromagnetiche.

Le onde elettromagnetiche trasportano energia e si propagano autogenerandosi anche quando la carica ha smesso di muoversi.

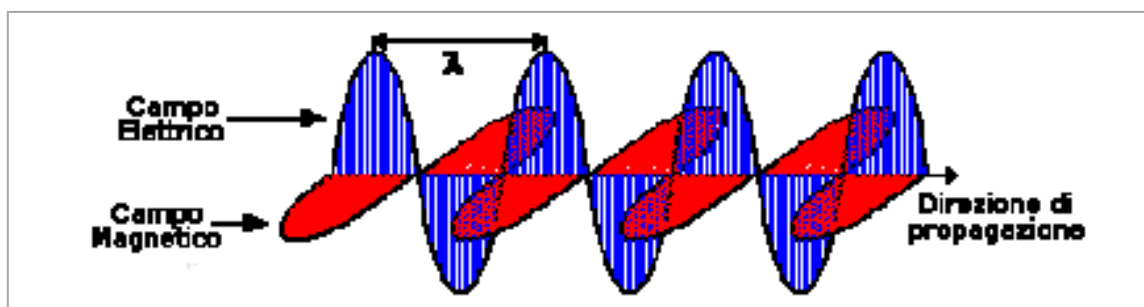


Figura 16: Rappresentazione del campo elettromagnetico

I simboli utilizzati per la denotazione del vettore campo elettrico e vettore magnetico sono di seguito riportati:

Simbolo	Denominazione
\vec{F}	Vettore forza elettrostatica
\vec{E}	Vettore campo elettrico
\vec{B}	Vettore campo magnetico nel vuoto
\vec{H}	Vettore campo magnetico in un materiale
\vec{J}	Vettore densità di corrente

Le principali unità di misura del Sistema Internazionale, (SI), utilizzate per grandezze elettriche sono riportate nella tabella che segue:

Grandezza Elettrica	Nome unità di misura	Simbolo unità di misura	Unità di misura equivalenti
Corrente	Ampère (unità fondamentale SI)	A	$A = W/V = C/s$
Carica elettrica, Quantità di elettricità	Coulomb	C	A·s
Differenza di potenziale	Volt	V	$J/C = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Resistenza, Impedenza, Reattanza	Ohm	Ω	$V/A = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Resistività	Ohm Metro	$\Omega \cdot m$	$kg \cdot m^3 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Potenza elettrica	Watt	W	$V \cdot A = VAR = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
Capacità elettrica	Farad	F	$C/V = kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot A^2 \cdot s^4$
Elastanza elettrica	Reciproco Del Farad	F^{-1}	$V/C = kg \cdot m^2 \cdot A^{-2} \cdot s^{-4}$
Permittività elettrica	Farad su Metro	F/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot A^2 \cdot s^4$
Suscettività elettrica	Adimensionale	/	/
Conduttanza elettrica, Ammettenza, Suscettanza	Siemens	S	$\Omega^{-1} = kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$
Conduttività	Siemens su Metro	S/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot s^3 \cdot A^2$
Campo magnetico, Intensità di campo magnetico	Ampère su Metro	A/m	$A \cdot m^{-1}$
Flusso magnetico	Weber	Wb	$V \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Densità di flusso magnetico, induzione magnetica, forza del campo magnetico	Tesla	T	$Wb/m^2 = kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Frequenza	Hertz	<i>f</i>	Hz = s^{-1}

Principali unità di misura elettriche del Sistema Internazionale (SI)

6 IL DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI DELL'8 LUGLIO 2003 E LA LEGGE QUADRO DEL 22 GENNAIO 2001 N. 36

La legge da rispettare per la progettazione di un elettrodotto a media tensione è il Decreto Del Presidente Del consiglio Dei Ministri dell'8 luglio 2003.

“Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti (*GU n. 200 del 29-8-2003*).

Il contenuto del DPCM 08/07/2003 è di seguito riportato:

Art. 1 - Campo di applicazione

1. Le disposizioni del presente decreto fissano i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.
2. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
3. A tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.
4. Ai sensi dell'art. 1, comma 2, della legge 22 febbraio 2001, n. 36, le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e Bolzano provvedono alle finalità del presente decreto nell'ambito delle competenze a esse spettanti ai sensi degli statuti e delle relative norme di attuazione e secondo quanto disposto dai rispettivi ordinamenti.

Art. 2 - Definizioni

1. Ferme restando le definizioni di cui All'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, ai fini del presente decreto le definizioni delle grandezze fisiche citate sono riportate nell'allegato A che costituisce parte integrante del decreto stesso.

Art. 3 - Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 4 - Obiettivi di qualità

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee e installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 5 - Tecniche di misurazione e di determinazione dei livelli d'esposizione

1. Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6 prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana» e successivi aggiornamenti.

2. Per la determinazione del valore d'induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità il sistema di agenzia APAT-ARPA dovrà determinare le relative procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

3. Per la verifica del rispetto delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui ai commi 1 e 2, il sistema di agenzia APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

4. Per gli elettrodotti con tensione di esercizio non inferiore a 132 kV, gli esercenti devono fornire agli organi di controllo, secondo modalità fornite dagli stessi, con frequenza trimestrale, 12 valori per ciascun giorno, corrispondenti ai valori medi delle correnti registrate ogni 2 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 6 - Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 e alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori comunicano i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

2. L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Art. 7 - Aggiornamento delle conoscenze

1. Il Comitato interministeriale di cui All'art. 6 della legge quadro n. 36/2001 procede, nei successivi tre anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, all'aggiornamento dello stato delle conoscenze, conseguenti alle ricerche scientifiche prodotte a livello nazionale e internazionale, in materia dei possibili rischi sulla salute originati dai campi elettromagnetici.

Allegato A -Definizioni

Campo elettrico: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.

Campo magnetico: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana».

Campo d'induzione magnetica: così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana».

Frequenza: così come definita nella norma CEI 211–6 data pubblicazione 2001–01, classificazione 211–6, prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz–10 kHz, con riferimento all'esposizione umana».

Elettrodotta: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore d'immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione dalla popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a) della Legge Quadro;

Valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore d'immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

Obiettivi di qualità: sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della Legge Quadro; sono i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

In definitiva la seguente tabella riassume i valori limiti di esposizione ai campi elettrici e magnetici:

Limiti di esposizione FREQUENZA f (MHz)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)
$0,1 < f \leq 3$ MHz	60	0.2
$3 \text{ MHz} < f \leq 3000$ MHz	20	0.05
$3000 \text{ MHz} < f \leq 300$ GHz	40	0.01
Valori di attenzione $0,1 \text{ MHz} < f \leq 300$ GHz	6	0.016
Obiettivi di qualità $0,1 \text{ MHz} < f \leq 300$ GHz	6	0.016

alla frequenza di 50 Hz, ha stabilito quanto segue: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non

inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come media dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee e installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come media dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione indicati nella tabella, intesi come valori efficaci; a titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella.

Ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, i valori dei campi oggetto del DPCM, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori di obiettivi di qualità indicati così come di seguito indicato:

Intervallo di frequenza	Intensità campo elettrico (V/m)	Intensità campo magnetico (A/m)	Intensità magnetica (μT)	Densità di potenza (W/m^2)
0 ÷ 1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1 ÷ 8 Hz	10000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8 ÷ 25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0.025 ÷ 0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8 ÷ 3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3 ÷ 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 ÷ 1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1 ÷ 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10 ÷ 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 ÷ 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 ÷ 300	61	0.16	0.2	10

Normativa internazionale – livelli ICNIRP
(ripresa dalla normativa europea, raccomandazione 1999/512/CE)

Limite di esposizione	Campo elettrico (V/m)	Campo d'induzione magnetica (μT)
50 Hz	5000	100
Valore di attenzione (media sulle 24 ore)	Campo elettrico (V/m)	Campo d'induzione magnetica (μT)
50 Hz	-----	10
Obiettivi di qualità (media sulle 24 ore)	Campo elettrico (V/m)	Campo d'induzione magnetica (μT)
50 Hz	-----	3

DPCM 8 luglio 2003. Bassa frequenza – 50 Hz – Elettrodotti

7 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAL CAVIDOTTO

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$.

I cavidotti presenti in impianto prevederanno l'utilizzo di soli cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17: la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

Ai fini del calcolo si assume che la linea viene schematizzata come un insieme di conduttori fra loro paralleli di lunghezza infinita e disposti parallelamente al terreno (schematizzato come un piano di estensione infinita).

Il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea elettrica ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica prodotta da un conduttore rettilineo percorso dalla corrente I:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \vec{u} \otimes \vec{r}$$

Dove:

$\mu = \mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ (permeabilità magnetica del vuoto)

d è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo

$\vec{u} \otimes \vec{r}$ sono i versori della corrente e la relativa normale e ne indica il prodotto vettoriale

Il calcolo del campo elettrico di basa sulla seguente formula:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}$$

dove:

λ è la densità di carica sul conduttore assunta costante

$\epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12}$ è la permeabilità nel vuoto

d è la distanza tra il conduttore e il calcolo

\vec{u} è il versore unitario con direzione radiale rispetto al conduttore

Per il calcolo dell'elettrodotto MT, i dati assunti per la simulazione sono i seguenti:

- I conduttori attivi sono 3 e rappresentano un sistema trifase a media tensione; la differenza di potenziale tra le fasi è di 30 kV e sono percorsi da una corrente efficace di 2600 A. Lo sfasamento tra le fasi R, S e T è da considerarsi pari a 120° derivante dal trasformatore posto a monte dell'elettrodotto interrato.
- I conduttori sono direttamente interrati ad una profondità di 1,2 m e posizionati a trifoglio
- I calcoli sono stati eseguiti su diverse sezioni orizzontali, da -1,20 m (quota di posa dei conduttori) fino alla quota di calpestio (quota campagna).
- Il passo di scansione del calcolo è stato scelto pari ad 100 cm in direzione orizzontale e a 50 cm in direzione verticale.

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei conduttori in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. L'unica situazione significativa è quella relativa al tratto di posa del cavo che porta la potenza generata dall'impianto fotovoltaico in oggetto alla SE Utente.

Nel progetto in questione si tratta di linee interrate, quindi il valore del campo elettrico a quota campagna è praticamente inesistente. Questo è dovuto al fatto che il campo elettrico risente fortemente della schermatura prodotta dal terreno e dalla guaina dei conduttori.

Verranno pertanto trattati i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Il diagramma successivo mostra i valori dell'induzione magnetica calcolata al piano campagna.

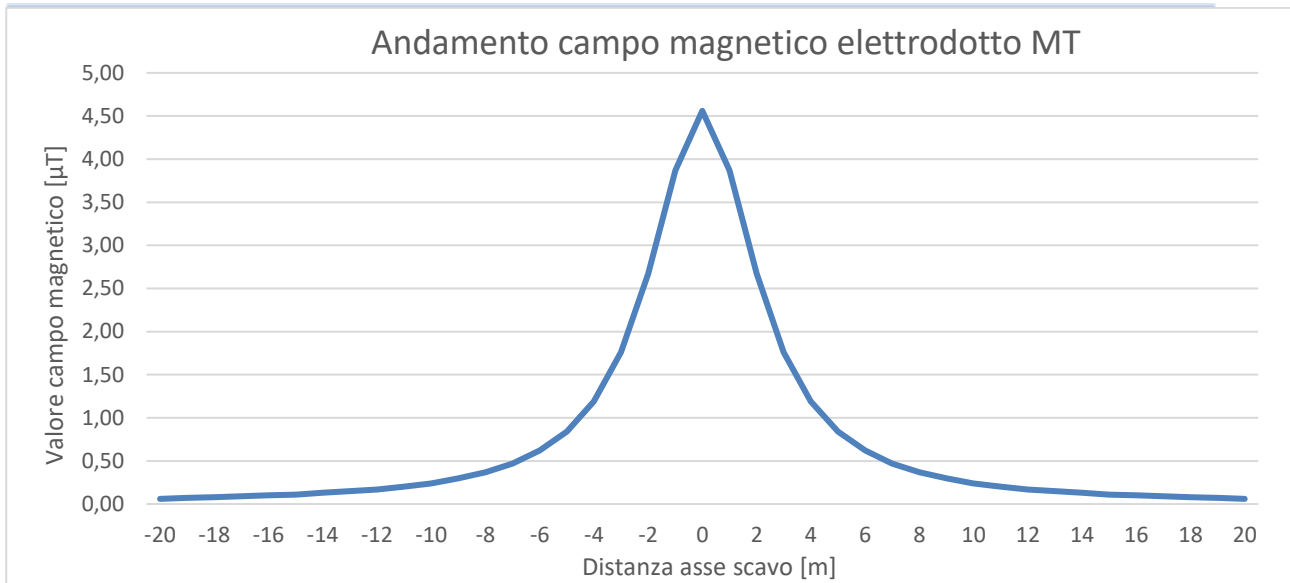


Figura 17: Induzione magnetica rispetto all'asse del cavidotto

Il grafico mostra l'andamento della induzione magnetica al piano campagna rispetto alla distanza dall'asse del cavidotto interrato posto nel punto 0.

Si nota immediatamente che il massimo valore dell'induzione magnetica al piano di calpestio si ha in corrispondenza della posizione dei conduttori.

L'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/2003 è pari a 3 µT, pertanto la fascia di rispetto dall'elettrodotto è di circa 2 m.

Per il calcolo dell'elettrodotto AT, i dati assunti per la simulazione sono i seguenti:

- I conduttori attivi sono 3 e rappresentano un sistema trifase a media tensione; la differenza di potenziale tra le fasi è di 150 kV e sono percorsi da una corrente efficace di 2600 A. Lo sfasamento tra le fasi R, S e T è da considerarsi pari a 120° derivante dal trasformatore posto a monte dell'elettrodotto interrato.
- I conduttori sono direttamente interrati ad una profondità di 1,5 m e posizionati a trifoglio
- I calcoli sono stati eseguiti su diverse sezioni orizzontali, da -1,50 m (quota di posa dei conduttori) fino alla quota di calpestio (quota campagna).
- Il passo di scansione del calcolo è stato scelto pari ad 100 cm in direzione orizzontale e a 50 cm in direzione verticale.

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. Il tratto oggetto di calcolo va dalla SE Utente alla SE Terna che il punto di connessione dell'impianto.

Nel progetto in questione si tratta di linee interrate, quindi il valore del campo elettrico a quota campagna è praticamente inesistente. Questo è dovuto al fatto che il campo elettrico risente fortemente della schermatura prodotta dal terreno e dalla guaina dei conduttori.

Verranno pertanto trattati i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Il diagramma successivo mostra i valori dell'induzione magnetica calcolata al piano campagna.

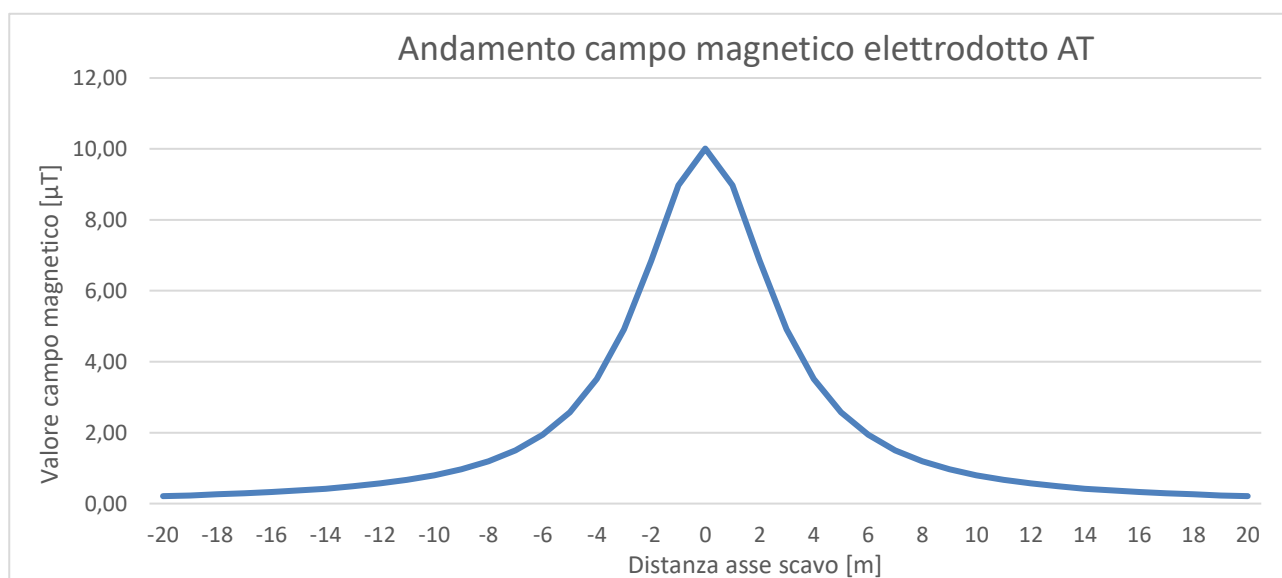


Figura 18: Induzione magnetica rispetto all'asse del cavidotto

Il grafico mostra l'andamento della induzione magnetica al piano campagna rispetto alla distanza dall'asse del cavidotto interrato posto nel punto 0.

Si nota immediatamente che il massimo valore dell'induzione magnetica al piano di calpestio si ha in corrispondenza della posizione dei conduttori.

L'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/2003 è pari a 3 µT, pertanto la fascia di rispetto dall'elettrodotto è di circa 4 m.

7.1 VERIFICA FASCIA DI RISPETTO E DPA CABINE DI SMISTAMENTO IN MT

Per le cabine secondarie di sola consegna MT, (cabine di smistamento), la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente. È stato considerato il cavo unipolare di diametro maggiore per ciascuna fase in uscita dal trasformatore.

Di seguito sono riportate a titolo esemplificativo le distanze a $3 \mu\text{T}$ calcolate in alcuni casi reali.

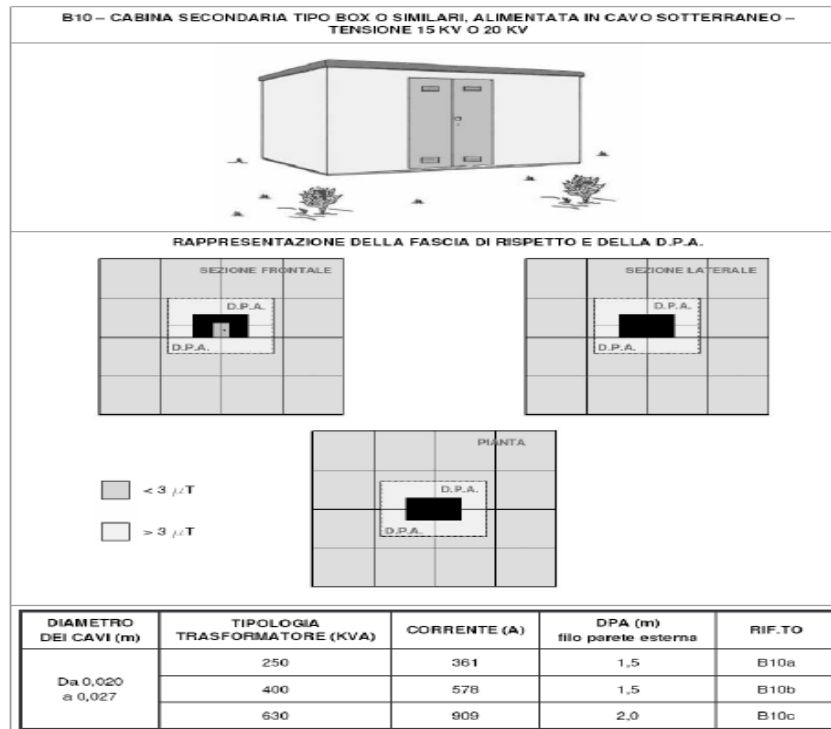


Figura 19: (Tratto da: Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche)

7.2 VERIFICA FASCIA DI RISPETTO E DPA SOTTOSTAZIONE MT/AT

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne). I valori di campo elettrico al suolo presentano massimi nelle zone di uscita linee con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 0.5 kV/m a circa 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 15 microtesla a 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea. I valori in corrispondenza alla recinzione della stazione sono notevolmente ridotti.

Si rileva che nella sottostazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Di seguito è riportata la planimetria di una sottostazione 150/20 kV e l'andamento dei relativi campi magnetici ed elettrici.

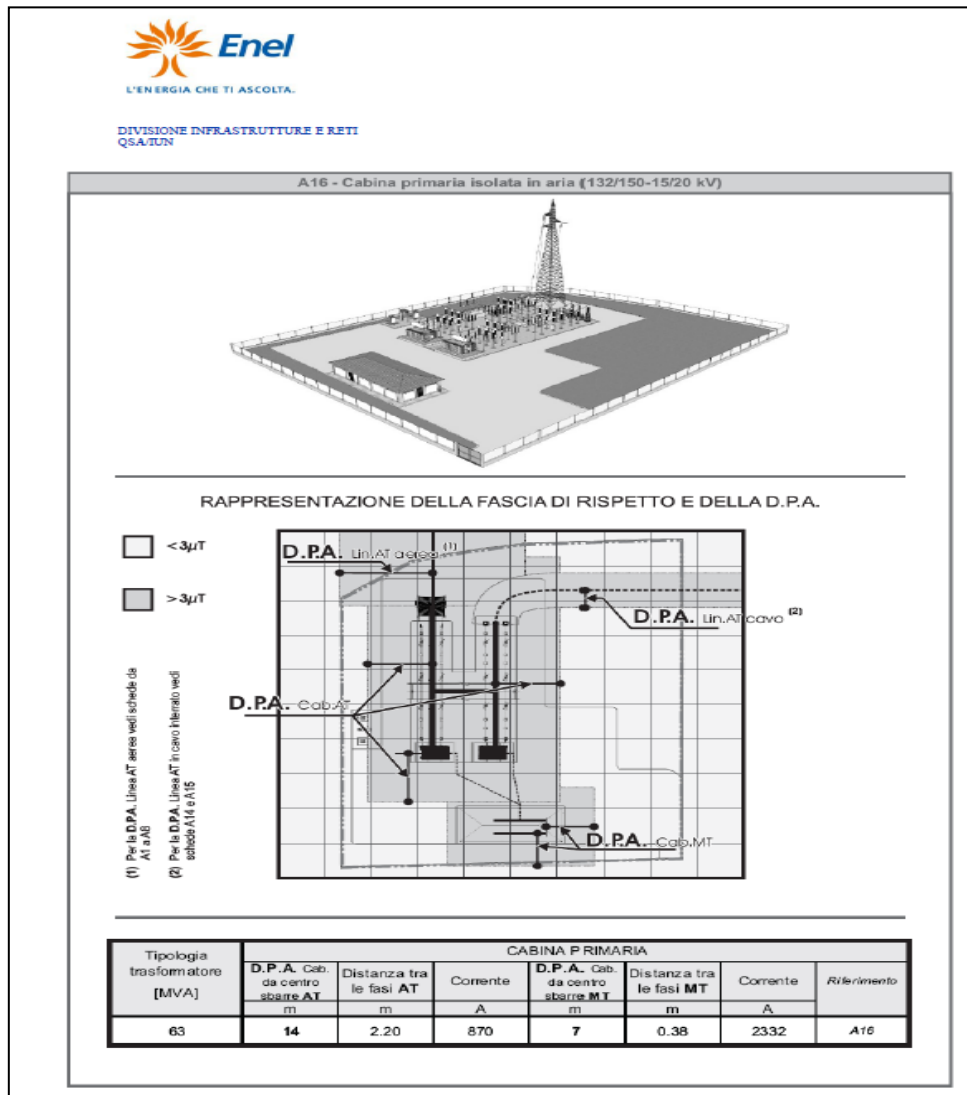


Figura 20: Tratto da: Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche

Si può notare come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti.

Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa.

In sintesi, i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

7.3 SOLUZIONI TECNICHE UTILIZZATE PER LIMITARE LA PROPAGAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI GENERATI DAL CAVIDOTTO

Il valore dell'intensità del campo magnetico generato dal cavidotto può essere mitigato con una o più soluzioni tecniche che lo stato dell'arte, attualmente, propone e più precisamente:

Linee elettriche in cavo interrato: i cavi interrati sono posizionati a una profondità di 1.2 o 1.5 metri e sono disposti ai vertici di un triangolo (posa a trifoglio). L'interramento dei cavi induce un piccolo aumento del campo magnetico proprio in corrispondenza dei cavi, ma il suo andamento presenta una maggiore riduzione allontanandosi dall'asse dello scavo; tale fenomeno è dovuto alla vicinanza dei cavi, che, essendo isolati, possono essere accostati uno vicino all'altro. Anche il campo elettrico è drasticamente ridotto grazie alla vicinanza dei conduttori, all'isolamento, all'effetto schermante del terreno e per lo sfasamento della corrente circolante nei cavi a -120° , 0° , $+120^\circ$.

Avvicinatori di fase: sono dispositivi in materiale leggero che consentono l'avvicinamento dei conduttori tra loro.

Schermi attivi ad alta permeabilità magnetica: sono, in genere, schermi in materiale ferromagnetico, (i materiali di sostanze ferromagnetiche hanno la caratteristica di avere un'elevata permeabilità magnetica e per tale motivo in vicinanza di conduttori percorsi da corrente sottraggono linee di flusso nella zona introno alla sorgente).

Schermi attivi a elevata conducibilità elettrica: il campo magnetico induce correnti parassite nello schermo e tali correnti sono in grado di creare un campo che in parte compensa quello inducente.

Circuiti ausiliari di compensazione attiva - passiva: sono dei circuiti ausiliari che s'inseriscono sotto le linee elettriche i quali o per iniezione diretta di correnti (compensazione attiva) o per la presenza di correnti indotte dalla sorgente primaria (compensazione passiva), diventano generatori di un campo magnetico che si oppone a quello prodotto dalla linea elettrica.

Il cavo unipolare utilizzato per l'impianto elettrico del parco agrivoltaico di Caltagirone (CT) già è dotato di schermatura come già visto in precedenza.

Le modalità costruttive del cavo e i rilievi effettuati dei valori dei campi magnetici sullo stesso con e senza schermatura, sono tali da abbattere l'intensità del campo d'induzione magnetica in prossimità di esso.

Sono riportati di seguito alcuni esempi di

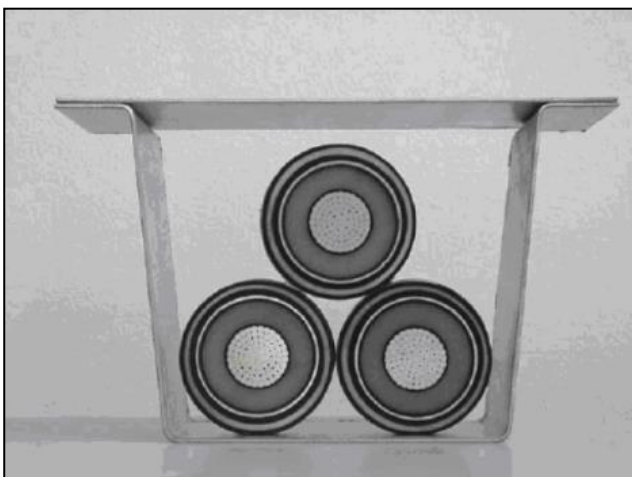


Figura 22: Cavidotto in canaletta richiudibile



Figura 21: Cavidotto in tubi di acciaio

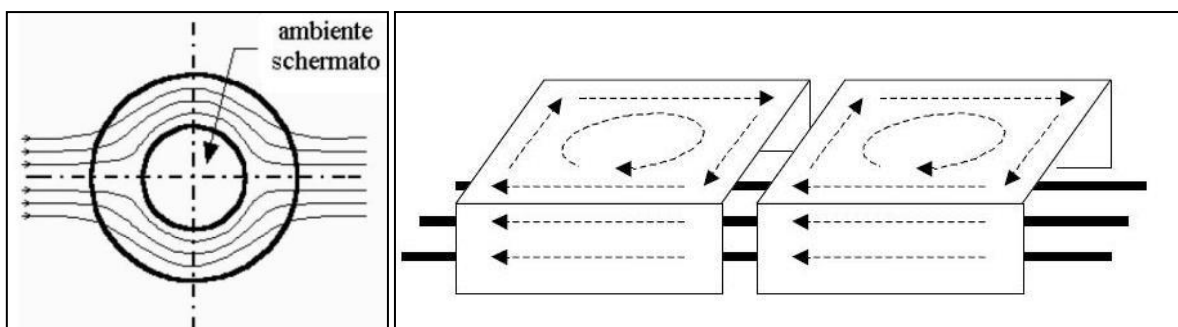


Figura 23: Schermi ferromagnetici e schermi conduttori

8 CONCLUSIONI

Dalle analisi condotte si evince che i punti in cui si può riscontrare un valore di induzione magnetica superiore a 3 μ T, sono soltanto quelli in prossimità dell'elettrodotto in una fascia larga 2 m rispetto all'asse per l'elettrodotto MT e in una fascia larga 4 m rispetto all'asse per l'elettrodotto AT. Si può pertanto escludere la presenza di ricettori sensibili in una fascia così ristretta. Gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 08/07/2003 si possono quindi ritenere soddisfatti posando gli elettrodotti come previsto e lasciando una fascia di rispetto di 2 m dall'asse del cavo MT e 4 m dall'asse del cavo AT all'interno della quale non è consentito edificare edifici.