

REGIONE SICILIA
Provincia di Catania
COMUNI DI
MILITELLO IN VAL DI CATANIA, VIZZINI E MINEO

PROGETTO

PARCO FOTOVOLTAICO DI MILITELLO

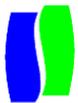
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

ERG Solar Holding



SOCIETA' DI PROGETTAZIONE



SERING ITALIA
SERVIZI D'INGEGNERIA INTEGRATA



Ing. Antonino Psaila
Progettazione Opere Elettriche



Ing. Roberto Cintolo
Progettazione Opere Civili

OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
ED INQUINAMENTO LUMINOSO**

REV	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	
CODICE PROGETTISTA		DATA	SCALA	FORMATO	FOGLIO	DOCUMENTO
		14/02/2023	--	A4	1	8975 - 7570 - RT - 009

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	2 / 22

INDICE

1	PREMESSE	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO CAMPI ELETTROMAGNETICI	6
4	INDIVIDUAZIONE DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE DA VERIFICARE.....	7
4.1	Descrizione tecnica dell’impianto di rete per la connessione	8
4.2	Linee elettriche MT a servizio dell’impianto fotovoltaico	11
4.3	Cabine elettriche di campo	11
4.4	Cabinati inverter.....	12
5	ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	13
5.1	Campo elettromagnetico linee elettriche in corrente alternata (linee MT di connessione e interne al campo fotovoltaico).....	13
5.2	Campo elettromagnetico generato dalle cabine elettriche di impianto (cabina utente, cabina di trasformazione e cabina ausiliari)	16
5.3	Campo elettromagnetico inverter.....	18
5.4	Campo elettromagnetico generato dai cabinati inverter.....	19
6	CONCLUSIONI CAMPI ELETTROMAGNETICI	20
7	INQUINAMENTO LUMINOSO.....	21
7.1	Impianto di illuminazione del campo fotovoltaico	21
7.2	Indice di riflessione dei moduli fotovoltaici.....	22

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	3 / 22

1 PREMESSE

La Società "ERG SOLAR HOLDING S.R.L." rappresentata dal Sig. Andrea Gaspari, in qualità di Legale Rappresentante, residente per la carica presso la sede legale sita in con sede in via De Marini 1 - 16149 Genova (GE) Partita Iva 03680880246, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica, da allocare sui terreni agricoli siti in Contrada Piano Cilia nel comune di Militello in Val di Catania, in provincia di Catania.

In relazione a quanto sopra la Società Sering Italia S.r.l., con sede legale in via Ruggero Settimo, 23 – 93012 Gela (CL), rappresentata dall'Ing. Sebastiano Barresi, in qualità di Amministratore Unico, ha svolto la progettazione preliminare e definitiva dell'impianto solare fotovoltaico di potenza nominale di picco pari a 31.818,3 kWp e dell'Impianto di Rete per la connessione alla Rete elettrica di distribuzione, compresi gli adempimenti tecnico – amministrativi necessari alla sua realizzazione.

Sinteticamente l'impianto Fotovoltaico grid-connected da realizzare sarà del tipo ad inseguimento automatico su un asse, composto da 1583 stringhe con 30 moduli ciascuna, per un numero complessivo di n° 47.490 moduli fotovoltaici di potenza nominale pari a 670 Wp e pertanto si avrà una potenza nominale DC di picco pari a 31.818,3 kWp.

Le predette stringhe, saranno posizionate su strutture ad inseguimento mono-assiale, distanziate le une dalle altre, in direzione Est-Ovest, di circa 5,5 m (interasse strutture).

La conversione da continua in alternata, verrà effettuata per mezzo di n° 8 cabinati inverter disposti in modo da assicurare il miglior funzionamento relativo all'accoppiamento inverter-stringa.

Infine, verranno effettuate le connessioni dei cabinati inverter alla cabina utente che a sua volta sarà collegata in antenna a 36kV con la futura sezione 36kV della nuova stazione di trasformazione a 380/150/36kV denominata "Vizzini", prevista nel piano di sviluppo Terna, da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 380kV "Chiamonte Gulfi- Paternò ", previo ampliamento della stessa.

L'impianto in progetto attuerà la cessione dell'energia elettrica in rete secondo cui l'energia prodotta dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, che verrà interamente immessa in rete al netto di quella necessaria per i servizi di centrale.

Tutti i lavori saranno svolti nel rispetto dei disciplinari di Terna e della normativa vigente in materia di impianti rinnovabili ed impianti elettrici.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	4 / 22

Qui di seguito verranno indicate le normative di riferimento ai fini della valutazione delle emissioni elettromagnetiche indotte dalle opere elettriche relative all'impianto fotovoltaico ed alla linea elettrica di connessione e le norme sull'inquinamento luminoso.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	5 / 22

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Decreto del 29/05/08**, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- **DM del 29.5.2008**, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003**, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- **Legge quadro 22/02/2001**, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- **Norma CEI 106-11**, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- **Norma CEI 211-4**, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- **Norma CEI 211-6**, "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- **Norma CEI 11-17**, " Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo";
- **Norma CEI 0-2** "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- **D.Lgs. 9 aprile 2008 n° 81** "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro";
- **DM del MATTM del 29.05.2008**, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;
- **UNI 10819** Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	6 / 22

3 VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO CAMPI ELETTROMAGNETICI

Nella redazione della relazione tecnica integrativa sui campi elettromagnetici si è tenuto conto della normativa vigente in materia. Il quadro normativo italiano in merito all'esposizione dei campi elettromagnetici fa riferimento alla legge quadro 22/2/01 n°36 sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Con il DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono stabiliti i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

E precisamente riportiamo qui di seguito gli articoli 3 e 4, dove vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"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. 3, comma 2];

"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 ed 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. 4]

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	7 / 22

Cautelativamente nel caso in esame pertanto il valore di intensità di campo magnetico non dovrà in nessun caso essere superiore ai 3 μ T nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

La normale condizione di esercizio è quella in cui l'impianto fotovoltaico trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale l'energia massima di produzione.

4 INDIVIDUAZIONE DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE DA VERIFICARE

La consistenza del progetto in oggetto si può sintetizzare nei seguenti sistemi:

- Sistema di generazione o campo fotovoltaico (moduli e strutture di sostegno);
- Sistema di conversione (inverter) e trasformazione;
- Sistema d'interfaccia tra l'impianto fotovoltaico e la Rete (Cabina di consegna e cabina utente);
- Impianto di Rete per la connessione.

L'impianto di produzione sarà costituito da 1583 stringhe da 30 moduli ciascuna per un numero complessivo di n° 47.490 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino con una potenza nominale di picco pari a 670 Wp e pertanto si avrà una potenza nominale di picco pari a 31.818,3 kWp . Sono stati considerati come potenziali sorgenti di campo elettromagnetico i seguenti elementi relativi al progetto dell'impianto fotovoltaico e dell'impianto di connessione alla Rete del Distributore:

1. Linee MT di connessione dell'impianto di rete;
2. Linee elettriche MT a servizio dell'impianto fotovoltaico;
3. Cabine elettriche di campo (Cabina di Consegna, cabina Utente, Cabina di ricezione, cabina di sezionamento e cabina ausiliari);
4. Cabinati Inverter

Le restanti componenti dell'impianto (moduli fotovoltaici, quadri di parallelo stringhe, cavi BT, cavi servizi ausiliari, etc) sono considerate non significative ai fini del calcolo delle emissioni elettromagnetiche e pertanto non verranno effettuate le verifiche.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	8 / 22

Infatti, i moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Stesso discorso può essere applicato ai cavi di stringa, ai quadri di parallelo stringhe e ai cavi BT eserciti in corrente continua, fino ai cabinati inverter.

Per quanto riguarda invece gli altri cavi BT in alternata necessari per i servizi ausiliari, essendo i valori di corrente contenuti, l'ampiezza delle DPA è tale da essere trascurata.

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo linee dati realizzate normalmente mediante cavi schermati.

Nei paragrafi successivi verranno descritte singolarmente le componenti elettriche soggette a calcolo nella presente relazione.

4.1 Descrizione tecnica dell'impianto di rete per la connessione

Le caratteristiche dell'impianto di rete per la connessione sono riportate nella soluzione tecnica fornita da Terna (Codice Pratica: 202200973) la quale prevede che la cabina utente sia collegata in antenna a 36kV con la futura sezione 36kV della nuova stazione di trasformazione a 380/150/36kV denominata "Vizzini", prevista nel piano di sviluppo Terna, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380kV "Chiaramonte Gulfi- Paternò ", previo ampliamento della stessa.

Il suddetto stallo a 36kV costituisce impianto di rete per la connessione.

In particolare, la soluzione fornita prevede che il tracciato dell'impianto di utenza per la connessione dell'impianto fotovoltaico sia realizzato con n. 2 tratti di linea MT a 36 kV in cavo interrato cordato tripolare ad elica visibile con conduttori in alluminio, dalla cabina utente a due cabine di sezionamento (una per linea MT) e dalla cabina di sezionamento allo stallo a 36kV della stazione di trasformazione 380/150/36kV denominata "Vizzini", ciascuna avente le seguenti caratteristiche:

Linea MT a 36 kV in cavo ad elica visibile tipo ARE4H5EX in Al con formazione (3x1x300 mm²), avente una lunghezza pari a circa 7.810 m e posa interrata su strada asfaltata.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	9 / 22

Nello scavo, quindi, saranno presenti quattro polifore da 200mm². In ognuna di esse verrà posato il cavo elicordato tipo ARE4H5EX con formazione (3x1x300 mm²)

Si precisa che l'attestazione delle linee di connessione nello stallo a 36 kV avverrà mediante la predisposizione di due interruttori. Tale intervento sarà eseguito da Terna.

Nella figura seguente è rappresentato uno stralcio della CTR della zona su cui sono riportati:

- Area Impianto;
- Tracciato Elettrodotta interrato di connessione;
- Punto di connessione
- Punto di consegna;

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 - 7570 - RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	10 / 22

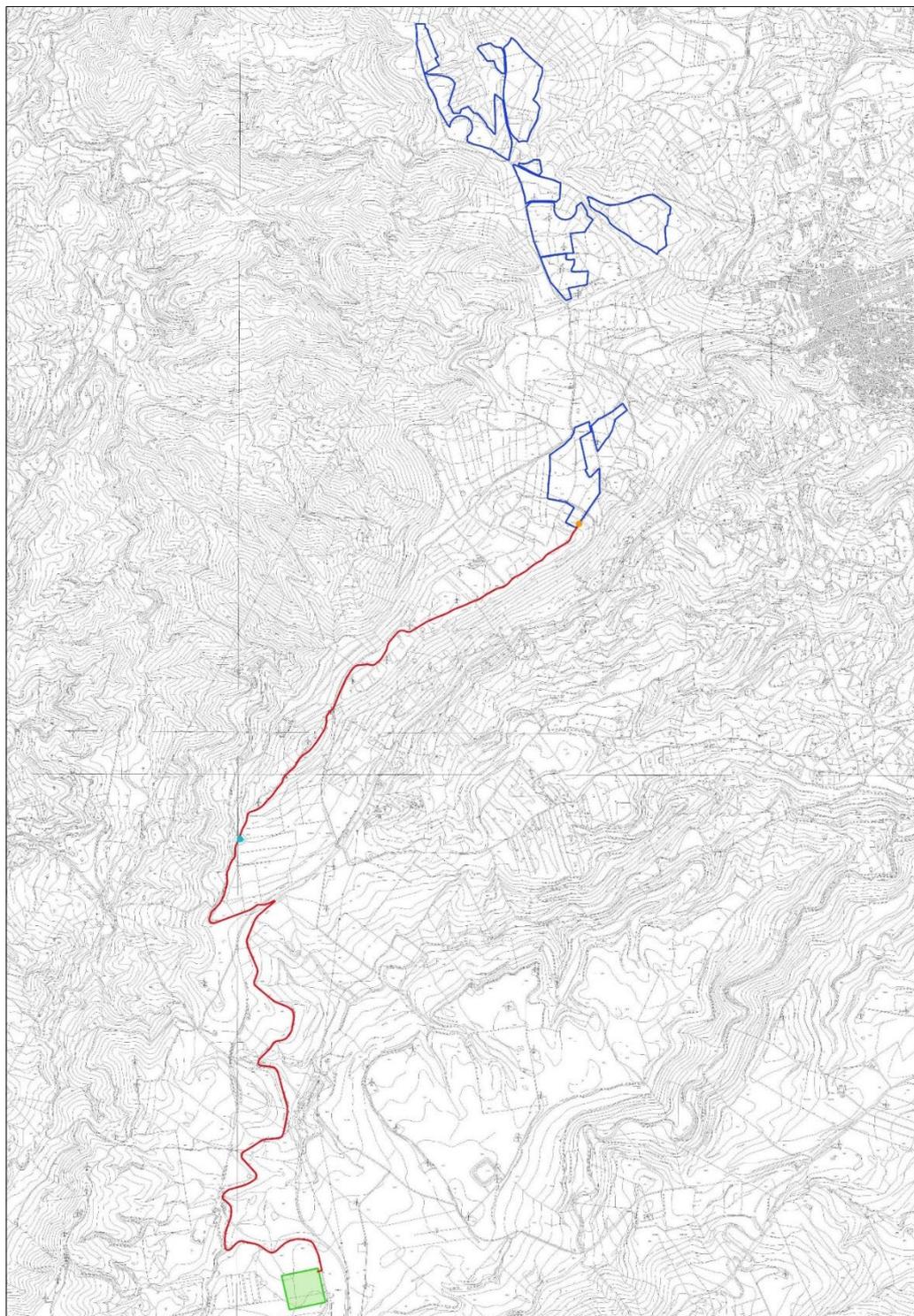


Fig. 1 – Stralcio CTR con indicazione del punto di connessione, dell’area impianto e del percorso di connessione

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	11 / 22

4.2 Linee elettriche MT a servizio dell'impianto fotovoltaico

La rete di connessione MT interna, tra le varie apparecchiature dell'impianto, è interamente interrata e consta principalmente di cavi MT a 36 kV del tipo ARE4H5EX ad elica visibile per la connessione delle cabine di trasformazione alla cabina utente. Le linee interrate sono costituite da terne trifase con varie geometrie, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo profondi almeno 1.20 mt; ciò consentirà di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno.

4.3 Cabine elettriche di campo

CABINA UTENTE

La cabina utente realizza l'interfaccia tra la linea in MT proveniente dal campo fotovoltaico ed i dispositivi di manovra e sezionamento dell'ente distributore, collegati alla rete di distribuzione in MT. All'interno della cabina utente verranno installati i dispositivi generali a protezione della linea montante principale, (come previsto dalla norma CEI 0-16).

Tale cabina raccoglie le linee in MT provenienti dal campo fotovoltaico ed in particolare dall'uscita dei quattro cabinati inverter n° 2,4,6 e 8.

Essendo un impianto di produzione, deve essere presente su ogni montante generale, un Dispositivo Di Interfaccia (DDI) che sia in grado di assicurare la separazione dell'impianto dell'utente in caso di perdita di rete.

Inoltre, sono installati i dispositivi di interruzione e sezionamento per alimentare i servizi ausiliari e i cabinati inverter.

CABINA SERVIZI AUSILIARI

Al servizio dell'impianto di produzione è prevista l'installazione di una cabina dei servizi ausiliari che conterrà un piccolo trasformatore MT/BT (36.000/400 Vac) per l'alimentazione dei servizi ausiliari della potenza di 100 kVA e un quadro bt per l'alimentazione e protezione delle utenze bt relative agli impianti ausiliari.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	12 / 22

4.4 Cabinati inverter

I gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) effettuano la conversione della forma d'onda elettrica, da continua in alternata, trasferendo la potenza del generatore fotovoltaico alla rete del distributore.

Gli inverter scelti in progetto sono del produttore SMA modello "SC 4400 UP" e "SC 2660 UP".

I gruppi di conversione appena descritti verranno connessi ai trasformatori.

In particolare, l'insieme dell'inverter, dei trasformatori e delle apparecchiature di sezionamento e protezione fanno parte di un'unica soluzione integrata fornita dal produttore che prende il nome di "MVPS 4400-S2" e "MVPS 2660-S2".



Fig. 2.1 - Immagine Inverter Station SMA MVPS 4400-S2



Fig. 2.2 - Immagine Inverter Station SMA MVPS 2660-S2

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	13 / 22

5 ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 Campo elettromagnetico linee elettriche in corrente alternata (linee MT di connessione e interne al campo fotovoltaico)

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta Legislazione al valore minimo cautelativo di $3 \mu\text{T}$. La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo di soli cavi ad elica visibile, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Anche per quanto riguarda i cavi MT dell'impianto di rete per la connessione, viene utilizzata la stessa tipologia di cavo elicordato. Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 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 ($50 \div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.

Il cavo tripolare ha un ottimo comportamento dal punto di vista dei campi magnetici in quanto, essendo la somma delle tre correnti che circolano nei conduttori istante per istante nulla, almeno teoricamente non vi sono correnti parassite circolanti negli eventuali rivestimenti metallici esterni (guaina ed armatura):

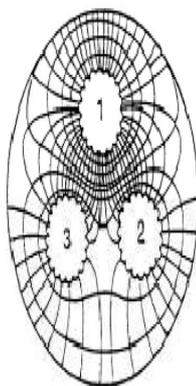


Fig. 3 Linee di forza e equipotenziale in un cavo tripolare

Verso la cabina utente convergono quattro terne di cavi MT da 36 kV interrate, il valore del campo elettrico e l'induzione magnetica e, quindi i punti sensibili hanno distanza tale da non

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	14 / 22

interferire con le attività umane considerando che il limite di massima sicurezza è già rispettato grazie alla distanza dalle aree accessibili da personale qualificato.

Si fa notare peraltro che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi ad elica visibile, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto fotovoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella generata dal tratto di posa del cavo che immette tutta la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, quindi il tratto del cavo dell'impianto di rete per la connessione, caratterizzato dalla sezione riportata nella figura 4.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	15 / 22

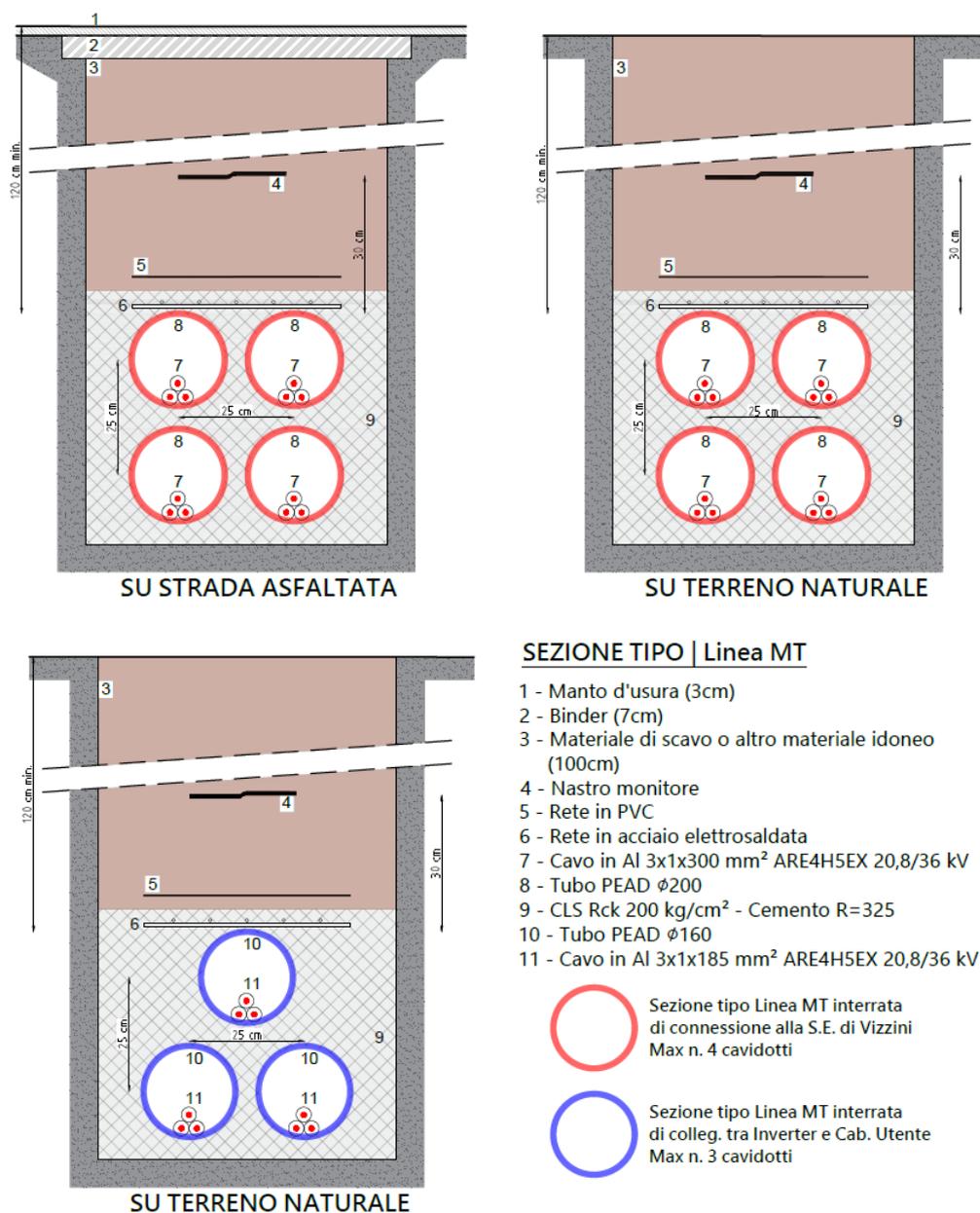


Fig. 4 - Sezione tipica cavidotti interrati linea MT nel tracciato dell'impianto di utenza per la connessione e all'interno del campo fotovoltaico

All'interno dei cavidotti in esame si trova una terna di cavi MT isolati a 36 kV che trasferisce l'intera potenza dell'impianto FV verso la cabina di utenza.

In particolare, come già detto, per quanto concerne i conduttori MT relativi al collegamento della cabina utente al quadro MT della stazione d'utenza (cabina primaria AT/MT "Vizzini"), si prevede sempre l'utilizzo di cavi ad elica visibile di tipo ARE4H5EX con conduttori in

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	16 / 22

alluminio di formazione pari a $3 \times (1 \times 300)$ mm², le cui caratteristiche di posa interrata sono state individuate secondo gli standard del Distributore Terna e, precisamente, secondo Prescrizione Tecnica di Terna con codifica "UX LK401" e tipo di posa: "C1- Posa in tubazione-cavo 170kV e 245kV a trifoglio" come mostrato in figura 4.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente (arrotondando per eccesso la potenza massima, considerando un $\cos \phi$ pari a 1):

$$I_{bmax} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_{ncos \phi}} = \square \square \quad 531 \text{ A}$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità superiore a di 1,2 m, con un valore di corrente massima pari a 531 A.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 μ T in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto DPA si applicano le stesse prescrizioni di calcolo indicate nei paragrafi precedenti che ampiamente soddisfano le condizioni imposte dal Distributore, relative alle fasce di rispetto da adottare per conduttori interrati, pertanto l'ampiezza della semi-fascia di rispetto si può assumere pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto inferiore alla profondità di scavo.

5.2 Campo elettromagnetico generato dalle cabine elettriche di impianto (cabina utente, cabina di trasformazione, cabina di sezionamento e cabina ausiliari)

Per quanto riguarda la cabina utente MT d'impianto, alla quale confluiscono tutti i cavidotti MT provenienti dalle cabine di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 - 7570 - RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	17 / 22

di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT installati al loro interno. Considerando che i cavi utilizzati sono tutti ad elica visibile di tipo ARE4H5EX con conduttori in alluminio ($3 \times 1 \times 185 \text{mm}^2$), posati secondo figura 6, in uscita dalle cabine di trasformazione e fino alla cabina utente d'impianto, ne consegue, come già evidenziato, che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi ad elica visibile si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto inferiore alla profondità di scavo che è oltre 1,2m.

Per quanto riguarda la cabina di sezionamento, alla quale confluiscono tutti i cavidotti MT provenienti dalla cabina utente e dallo stallo nella CP, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT installati al loro interno. Considerando che i cavi utilizzati sono tutti ad elica visibile di tipo ARE4H5EX con conduttori in alluminio ($3 \times 1 \times 300 \text{mm}^2$), in uscita dalla cabina utente e fino allo stallo nella CP, ne consegue, come già evidenziato, che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi ad elica visibile si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto inferiore alla profondità di scavo che è oltre 1,2m.

Per quanto riguarda invece, la parte BT del trasformatore ausiliari, che una potenza pari a 100 kVA, si ha che applicando il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, che prevede l'utilizzo della seguente relazione (specifica per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot (S \cdot I) / R2 [\mu T]$$

dove S rappresenta la distanza tra le fasi, I il valore della corrente e R la distanza del generico punto e ricavando da tale formula il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μT che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S} \cdot I [m]$$

si ha che, per quanto riguarda il tratto di linea BT in uscita dal trasformatore ausiliari, l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza inferiore ad 1 m. In ogni caso l'impianto fotovoltaico durante l'esercizio ordinario non prevede la presenza continuativa di personale di sorveglianza o addetto alla manutenzione ordinaria e le eventuali presenze all'interno delle cabine saranno limitate esclusivamente al tempo utile per le lavorazioni previste e per un

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	18 / 22

tempo comunque inferiore alle 4 ore/giorno. È esclusa pertanto l'eventuale esposizione ai campi elettromagnetici.

5.3 Campo elettromagnetico inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC): (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10).

Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;

- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete alla trasmissione di energia sulle sue linee;

- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;

- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	19 / 22

rete locale. Pertanto si conclude affermando che per gli inverter utilizzati si può ritenere ininfluenza o poco rilevante il contributo dal punto di vista elettromagnetico.

5.4 Campo elettromagnetico generato dai cabinati inverter

Per quanto riguarda gli altri componenti che costituiscono la soluzione "compatta" in cui oltre ad all'inverter centralizzato, si abbinano altri componenti, è da considerare come principale sorgente di emissione il trasformatore BT/MT da 4400 kVA e da 2660 kVA. La presenza dei trasformatori BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali prossimi a quelli della cabina in esame.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, (cap.5.2.1), l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica quindi la formula e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times X^{0.5242}$$

dove:

- DPA= distanza di prima approssimazione (m)
- I= corrente nominale (A)
- x= diametro dei cavi (m)

Considerando le caratteristiche indicate dal costruttore nel datasheet di macchina e applicando la formula precedente si ottiene una DPA di sicurezza di circa 7 m. D'altra parte, nel caso in questione le cabine sono posizionate all'aperto, internamente al sito e normalmente non permanentemente presidiate. Pertanto per le cabine di trasformazione la fascia minima di rispetto sarà di almeno 7 m.

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	20 / 22

6 Conclusioni campi elettromagnetici

Premesso che i valori di riferimento per questo tipo di impianti riguardo l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50Hz degli elettrodotti".

Per quanto riguarda il campo di induzione magnetica, nei capitoli precedenti è stata eseguita la verifica di tutte quelle componenti elettriche considerevoli dal punto di vista delle emissioni, e relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni interrati (comprese le linee di connessione alla rete) e realizzati mediante l'uso di cavi ad elica visibile, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto inferiore alla profondità di scavo.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dai trasformatori BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 4400 kVA), già a circa 11 m (DPA) dalla cabina stessa.

Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione e in tutte le altre cabine di impianto compresa la cabina utente non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che ne impedisce l'ingresso a personale non autorizzato, **si può escludere pericolo per la salute umana. L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**

Anche nel caso della cabina di sezionamento, dove non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e l'accesso all'interno sarà limitato al personale autorizzato, **si può escludere pericolo per la salute umana. L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	21 / 22

7 INQUINAMENTO LUMINOSO

7.1 Impianto di illuminazione del campo fotovoltaico

Sull'intero perimetro del lotto ove verrà installato l'impianto fotovoltaico saranno installati gli impianti ausiliari di illuminazione perimetrale e di videosorveglianza a infrarossi. Nel caso specifico dell'impianto di illuminazione si precisa che sarà utilizzato solo allo scopo di agevolare le movimentazioni interne all'impianto ovvero solo in caso di necessità per interventi sul sistema di allarme, o per consentire agli operatori della vigilanza un rapido intervento durante le ronde oppure solo in caso di manutenzioni programmate sugli impianti. Va anche considerato che i componenti utilizzati per l'impianto di illuminazione saranno di ultima generazione ed altamente efficienti (mediante l'utilizzo di lampade a led) e conformi alle norme stringenti di riferimento.

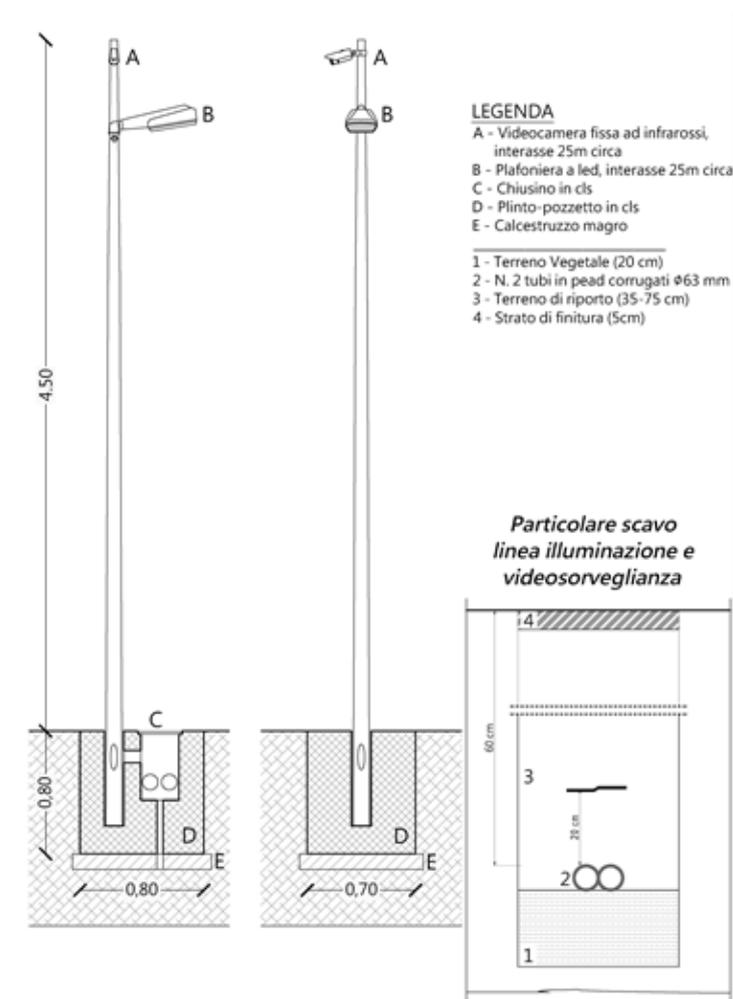


Fig. 5 – Particolari impianto di illuminazione

N° Identificativo		Aggiornam.
8975 – 7570 – RT - 009		0
Data Emissione	Redatto	Fg. / di
14/02/2023	Sering Italia	22 / 22

Considerando il limitato utilizzo dell'impianto di illuminazione si deduce che il contributo all'inquinamento luminoso dello stesso rispetto alle aree e agli ambienti circostanti, risulta contingentato solamente ad interventi e casi specifici, di norma infrequenti, pertanto si considera irrilevante.

7.2 Indice di riflessione dei moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici normalmente non producono riflessione o bagliore significativi in quanto sono realizzati con vetro studiato appositamente per aver un effetto "non riflettente". Il vetro solare è pensato per ridurre la luce riflessa e permettere alla luce di passarne attraverso arrivando alle celle per essere convertita in energia elettrica nel modulo. Al fine di minimizzare la quantità di radiazioni luminose riflesse, inoltre, le singole celle in silicio cristallino sono coperte esteriormente da un rivestimento trasparente antiriflesso, in genere ossido di titanio (TiO₂), grazie al quale penetra più luce nella cella. Tale strato è necessario infatti per ottenere che tutta la luce incidente venga raccolta dalla giunzione, in quanto senza trattamento ARC, le perdite per riflessione possono raggiungere anche il 30% della radiazione incidente. Si ricorda che la riflettanza solare è la frazione della radiazione solare incidente che viene riflessa da una superficie irradiata; essa va da 0, per una superficie totalmente assorbente, a 1 o 100%, per una superficie perfettamente riflettente. Di seguito viene mostrata su di una scala la quantità di riflessione prodotta da diverse superfici, inclusi i moduli fotovoltaici.

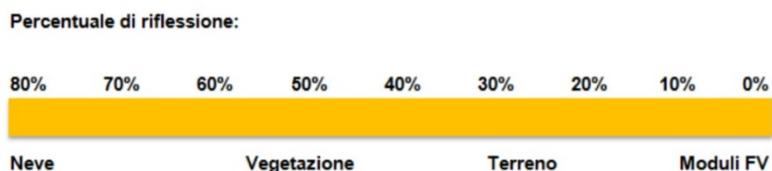


Fig. 6 – Percentuale di riflessione prodotta da diverse superfici (Fonte: SolarWorld)

Come è possibile vedere, i moduli hanno una riflettanza solare molto bassa in quanto riflettono in media solo il 3%-5% della luce incidente e pertanto si può affermare che il fenomeno della riflessione risulta molto ridotto rispetto ad altri elementi, anche naturali. Quindi anche per questa specifica tematica, il possibile contributo all'inquinamento luminoso dello stesso rispetto alle aree e agli ambienti circostanti, può essere considerato irrilevante.