

Regione Friuli Venezia Giulia

COMUNE DI UDINE

PROGETTO DEFINITIVO

Allegato 18

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PARCO SOLARE MILLEACQUE

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

COMMITTENTE:

SAFIN S.p.a.

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Alessandro Papparotto

Per. Ind. Nicola Lesa



Protocollo:	2020011_0015	Revisione: 00	Redatto:	Per. Ind. N. Lesa
Data:	05/10/21		Verificato:	Ing. A. Papparotto
Nome File:	2020011_PD_ALL18_Relazione CEM_01R0C.doc		Approvato:	SEMESTEB S.r.l.



Sommario

1	PREMESSA	6
2	DEFINIZIONI	7
3	CONTESTO NORMATIVO E LEGISLATIVO	9
3.1	LEGISLAZIONE APPLICABILE	9
3.2	NORMATIVA VIGENTE	10
4	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO	11
4.1	CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI	13
5	OBIETTIVI DI QUALITÀ E LIMITI DI ESPOSIZIONE	14
5.1	ZONE INTERNE AL CONFINE DI PROPRIETÀ MA ESTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO	14
5.2	ZONE INTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO	14
5.3	DESCRIZIONE AMBIENTE ANTE - OPERAM	14
6	DISAMINA DELLE ZONE DI VALUTAZIONE CEM CON RIFERIMENTO ALLA SALUTE DELLE PERSONE	15
6.1	ZONE INTERNE ALLA PROPRIETÀ: OPERE DI ALLACCIO	15
6.2	ZONE PERIMETRALI ESTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO ED INTERNE ALLA PROPRIETÀ	17
6.3	ZONA INTERNA ALLA RECINZIONE DEL PARCO FOTOVOLTAICO	17
6.4	REGOLE TECNICHE APPLICABILI	21
7	TECNICHE DI RIDUZIONE DELL'INDUZIONE MAGNETICA B PRODOTTA DAGLI ELETTRODOTTI DI ALLACCIAMENTO	22
8	APPLICAZIONE DEL DECRETO LEGISLATIVO 194/07 (COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA)	23
9	CONCLUSIONI	24
10	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	25

1 PREMESSA

La presente relazione tratta la valutazione della compatibilità elettromagnetica relativa alla realizzazione di un impianto solare fotovoltaico a terra, comunemente chiamato anche “*parco fotovoltaico*”, ubicato nel Comune di Udine (UD). L’area su cui verrà realizzata l’opera oggetto della presente relazione viene individuata dalle tavole PDGEN01 e PDGEN02. **Tale opera verrà denominata in seguito *Parco Solare Milleacque*.**

Per *impianto solare fotovoltaico* si intende l’insieme di opere, sistemi, dispositivi atti a produrre energia elettrica mediante generatori fotovoltaici.

Scopo della presente relazione è di valutare l’impatto sull’ambiente elettromagnetico¹ della realizzazione del *Parco Solare Milleacque* e delle opere ed infrastrutture necessarie al collegamento dello stesso alla rete di distribuzione della energia elettrica in Media Tensione.

In particolare, si valuterà lo stato dell’ambiente elettromagnetico antecedente all’installazione del parco solare, la produzione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici del parco e la loro incidenza sulla salute pubblica e sulle comunicazioni elettroniche. Si valuterà altresì l’incidenza delle emissioni di cui sopra per quanto concerne la sicurezza e la protezione dei lavoratori.

Si sottolinea inoltre, come, per quanto concerne le opere di collegamento dell’impianto alla rete di distribuzione dell’energia elettrica, verranno utilizzati i cosiddetti cavi cordati ad elica visibile. Essi sono esclusi dall’applicazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, approvata dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con Decreto del 29.05.2008, in quanto presentano un valore di induzione magnetica di 3 micro tesla per una ampiezza ridotta pari a 60-70 cm (limitata già dalla portata di corrente ammessa rispetto alla sezione dei conduttori), e, inoltre, sono interrate ad una profondità minima di 1 m in accordo all’art.66 comma 3 del Codice della strada e delle specifiche del gestore della rete di distribuzione, e-Distribuzione S.p.A..

Se vengono mantenute queste condizioni, il percorso dell’elettrodotto è ininfluenza sui limiti imposti per i campi elettromagnetici.

Va evidenziato che tutte le linee elettriche conducenti corrente in MT sono predisposte unicamente per il trasporto dell’energia prodotta dal parco solare ad esclusione dell’autoconsumo di centrale.

Ciò non esclude che, in futuro, le stesse, possano servire potenziali soluzioni di accumulo dell’energia, integrabili nell’impianto successivamente alla realizzazione del parco fotovoltaico o potenziali soluzioni con fornitura di ricariche per veicoli elettrici da installare su aree parcheggio di potenziali utilizzatori confinanti previo accordo con gli stessi. Tali potenziali implementazioni dovranno ovviamente essere successivamente autorizzate secondo le procedure amministrative applicabili.

¹ Per ambiente elettromagnetico si intende l’insieme dei fenomeni di natura elettromagnetica che caratterizzano la località specifica dell’area su cui insiste l’intervento in oggetto.

2 DEFINIZIONI

Le presenti definizioni sono tratte dalle **norme tecniche** utilizzate e dalla bibliografia riportata nella presente relazione.

Campo elettrico E: grandezza vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto fra la forza esercitata F su una carica elettrica di prova q ed il valore della carica medesima. Unità di misura: Volt per metro, V/m.

Campo magnetico H: quantità vettoriale pari al rapporto tra l'induzione magnetica B (micro Tesla, μT) e la permeabilità magnetica μ , che caratterizza le proprietà magnetiche del mezzo. Unità di misura: Ampere per metro, A/m.

Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione (cfr DPCM 8 luglio 2003 "elettrodotti, 50Hz"). Precisazione ARPA FVG, all. A, Decreto N.162 del 22 maggio 2006: "impianto che parte dalla centrale di produzione (esclusa) e termina alle cabine di trasformazione M/B (comprese), esclusa la bassa tensione. Secondo tale definizione, non sono quindi considerati elettrodotti i cavi a BT (220 V - 380 V) che attraversano il tessuto urbano e costituiscono l'impianto elettrico delle abitazioni."

Centro geometrico dei conduttori: si assume come centro geometrico dei conduttori il baricentro del triangolo determinato dall'intersezione di un piano (x,y) ortogonale ai tre conduttori di fase della linea e avente come vertici i centri di tali conduttori o dei fasci nel caso di conduttori a fascio.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'art. 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Tratte omogenee di una linea: insieme di campate successive di una linea aerea caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione reciproca dei conduttori nello spazio (realizzate con lo stesso tipo di sostegno), ovvero di tratte di cavo interrato caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione di posa dei cavi.

Impianto fisso: una combinazione particolare di apparecchi di vario tipo ed eventualmente di altri dispositivi, che sono assemblati, installati e destinati ad essere utilizzati in modo permanente in un luogo prestabilito.

Compatibilità elettromagnetica: l'idoneità di un'apparecchiatura a funzionare nel proprio ambiente elettromagnetico in modo soddisfacente e senza produrre, in altre apparecchiature e nello stesso ambiente, perturbazioni elettromagnetiche inaccettabili.

Perturbazione elettromagnetica: ogni fenomeno elettromagnetico che può alterare il funzionamento di un'apparecchiatura; una perturbazione elettromagnetica può essere costituita da un rumore elettromagnetico, da un segnale non desiderato o da una alterazione del mezzo stesso di propagazione.

Immunità: l'idoneità di un'apparecchiatura a funzionare senza alterazioni in presenza di una perturbazione elettromagnetica.

Ambiente elettromagnetico: il complesso di tutti i fenomeni elettromagnetici osservabili in un determinato luogo.

Responsabile dell'installazione dell'impianto fisso: il soggetto responsabile della messa in conformità di un impianto fisso ai requisiti essenziali di cui all'allegato I del Decreto legislativo 194/07.

3 CONTESTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

3.1 LEGISLAZIONE APPLICABILE

I presenti riferimenti legislativi includono anche le successive modifiche ed integrazioni.

- Legge 22 febbraio 2001, n.36 – *“Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”*.
- D.P.C.M. 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”* (G.U. 29 agosto 2003, n.200).
- Agenzia Regionale per la protezione dell’ambiente del Friuli Venezia Giulia - *Procedura per l’esecuzione di interventi che richiedono il calcolo di campi magnetici a frequenze estremamente basse (ELF)* – 22 Maggio 2006.
- D.Lgs.6 novembre 2007, n. 194 *“Attuazione della direttiva 2004/108/CE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE”*.
- D.Lgs. 19 novembre 2007, n. 257 *“Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) ”*
- Decreto Legislativo 9 Aprile 2008 n° 81 *“Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n°123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”*.
- Decreto Min. Ambiente Tutela Territorio e Mare, 29 maggio 2008 *“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”*.
- Decreto Min. Ambiente Tutela Territorio e Mare, 29 maggio 2008 *“Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”*. D.L. 18 maggio 2016, n.80 *“Modifiche al decreto legislativo 6 novembre 2007, n.194, di attuazione della direttiva 2014/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, concernente l’armonizzazione delle legislazioni degli stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica (rifusione).*

3.2 **NORMATIVA VIGENTE**

- CEI 11-60: "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV ". Ed. 01 giugno 2002.
- 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". Ed.01 febbraio 2006.
- CEI 106-12: "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT". Ed.01 maggio 2006.
- CEI 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche". Ed. 01 settembre 2008.
- CEI 211-6: "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". Ed. 01 gennaio 2001.
- CEI 307-1: "Linee guida per la stesura di studi di impatto ambientale per le linee elettriche aeree esterne". Ed. 01 Novembre 2006.
- CEI 307-2: "Check-list per Studi di Impatto Ambientale relativi a centrali di generazione elettrica". Ed. 01 Novembre 2006.
- CEI CLC/TR 50453 (CEI 14-35): "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza". Edizione 01 febbraio 2008.
- Linee guida di ENEL relative alla distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

4 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

Il *Parco Solare Milleacque* è un parco fotovoltaico di dimensioni medio piccole, costituito da moduli fotovoltaici in silicio cristallino posti su supporti metallici fissi installati a terra, e interessa una superficie complessiva di circa 2,3 ettari interni alla recinzione e ulteriori 1,2 ettari di superfici di mitigazioni perimetrali per un totale di 3,5 ettari circa.

L'area oggetto dell'intervento è rappresentata nelle tavole PDGEN01 e PDGEN 02.

I moduli fotovoltaici, detti più precisamente "generatori fotovoltaici", forniscono corrente e tensione continua che vengono trasformate in corrente e tensione alternata a 400 V 50 a mezzo degli inverter. Dagli inverter, tramite condutture elettriche poste in cavidotti interrati, l'energia giunge alle cabine di trasformazione dove il livello di tensione viene elevato da 400 V in bassa tensione a 20 kV in media tensione. Successivamente, l'energia resa disponibile viene trasportata, sempre attraverso le opere di connessione a rete, fino al punto di consegna in media tensione dell'impianto per poi essere immessa nella rete MT di E-Distribuzione.

Il punto di consegna dell'impianto alla rete pubblica è posizionato internamente al sito, nelle vicinanze del confine SUD, nei pressi dell'area di ingresso, ed è costituito da delle opere di connessione interamente interne al sito che si attestano dentro l'apposito locale dedicato al Distributore. Dal locale a disposizione del Distributore il collegamento alla rete pubblica sarà realizzato mediante collegamenti in cavo omologato E-Distribuzione 20 kV 50 Hz in posa interrata entro tubi fatta eccezione per le opere di raccordo con l'esistente linea aerea, posta perimetralmente al sito. Lo sviluppo delle opere di rete è completamente interno all'area di progetto e non sarà necessario realizzare linee di allaccio su strada pubblica. Il raccordo tra il traliccio ed il pozzetto sottostante di e-Distribuzione è costituito da un tracciato esistente interrato; il pozzetto ed il traliccio si trovano adiacenti al terreno di proprietà.

L'impianto di rete per la connessione entrerà nella responsabilità di e-Distribuzione S.p.A. al momento della messa in esercizio e diventerà proprietà di tale gestore.

Con particolare riferimento alla produzione di CEM (campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici), vengono individuate nella cabina di consegna, nelle cabine di trasformazione, nei cavidotti occupati da linee in corrente alternata in Media Tensione le potenziali sorgenti modificanti l'ambiente elettromagnetico, mentre, per quanto riguarda i dispositivi che possono produrre disturbi, si individuano negli inverter le potenziali sorgenti.

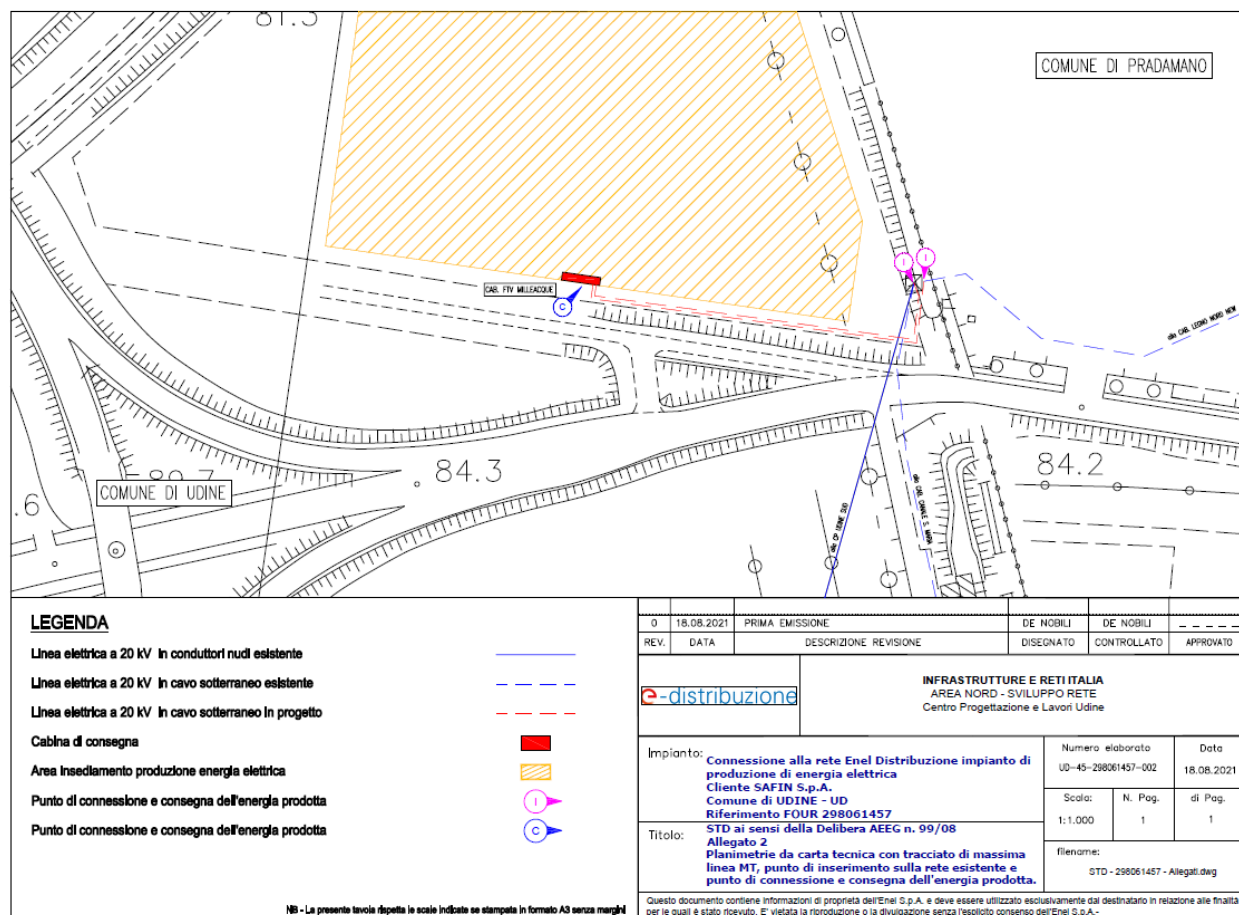


Fig. 1 – Soluzione Tecnica di Connessione

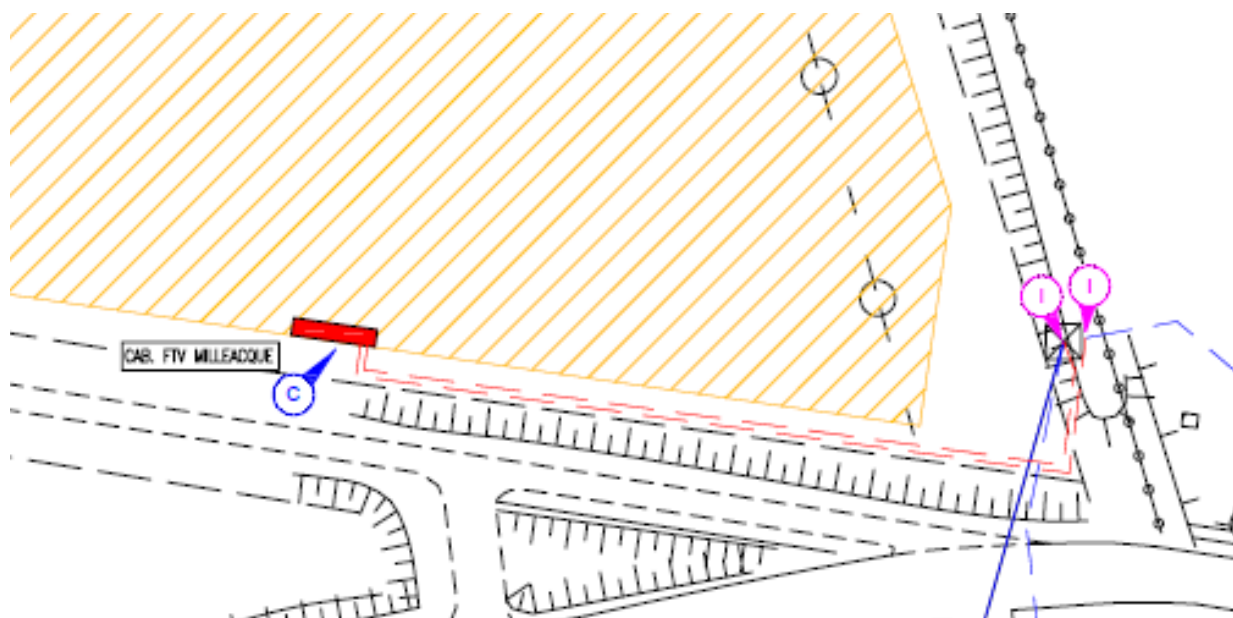


Fig. 2 – Particolare collegamento Cabina Consegna – Linea esistente MT - Soluzione Tecnica di Connessione

4.1 CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

4.1.1 Impianto

La configurazione dell'impianto fotovoltaico prevedrà quanto segue:

- Area Cabina di consegna in media tensione a 20 kV;
- Opere di rete in cavo cordato ad elica;
- Trasformatori bassa tensione/ media tensione posti entro la cabina di consegna e trasformazione;
- Linee di distribuzione interne alla proprietà in cavo di bassa tensione;
- Quadri di distribuzione inverter;
- Inverter trifase;
- Linee di distribuzione in cavo di corrente continua interne all'area di progetto.

4.1.2 Caratteristiche delle cabine di trasformazione e degli inverter

Sono previsti due trasformatori di progetto con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale fino a 1.600 kVA
- Tensione 20.000/400 V;
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione di corto circuito 6%

Ogni cabina di trasformazione fa capo a gruppi di inverter le cui caratteristiche principali ora previste in progetto sono le seguenti:

Lato Corrente Continua:

- Tensione massima $U_{cc\ max}$: 1.100 V c.c.
- Range di tensione all'ingresso: U_{MPPT} 500 – 800 V
- Numero massimo di stringhe parallele: 24
- Numero di MPPT: 12
- Massima corrente per MPPT: 26 A

Lato Corrente Alternata

- Massima potenza apparente: 110.000 VA
- Massima potenza attiva ($\cos \phi = 1$): 110.000 W
- Tensione nominale: 400 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Fattore di potenza: 0,8 induttivo0,8 capacitivo
- Massima distorsione armonica totale: < 3 %
- Rendimento massimo: 98,60% (rendimento europeo 98,40%)

Ogni trasformatore collega gruppi di inverter trifasi. Semplificando molto cautelativamente con un valore della potenza pari a 1.600.000 VA del trasformatore la massima corrente immessa dalla cabina di trasformazione con 2 trasformatori e tensione primaria 20.000 V risulta come segue:

$$I = \frac{VA}{1,73xV} = 46,24 \times 2 \text{ trafo} = 92,48 \text{ A};$$

5 OBIETTIVI DI QUALITÀ E LIMITI DI ESPOSIZIONE

Dalla valutazione tecnica risulta che i campi inerenti al progetto con un'intensità da considerare sono i **campi elettrici e magnetici attorno agli elettrodotti**. La legislazione di riferimento principale per i limiti di esposizione dei campi elettromagnetici e gli obiettivi di qualità è data dalla Legge Quadro n.36 del febbraio 2001 e nello specifico, il DPCM 8 luglio 2003. Per gli ambienti di lavoro invece, si farà riferimento al Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257 come confermato dal Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n 81 "Testo unico sulla Sicurezza".

Al fine di effettuare una corretta applicazione della legislazione, si individuano 2 differenti zone:

- Zone interne al confine di proprietà ma esterne alla recinzione dell'impianto (sul terreno proprietà).
- Zone interne alla recinzione dell'impianto (sul terreno proprietà).

5.1 ZONE INTERNE AL CONFINE DI PROPRIETÀ MA ESTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO

Esternamente al recinto sono state previste delle fasce di mitigazione arborea e dei corridoi di passaggio. Per quanto riguarda queste fasce, indicate nelle tavole di progetto, si è posto come obiettivo di qualità, nonostante non siano adibite ad utilizzo di persone diverse da quelle che servono la manutenzione dell'area, il limite dell'induzione magnetica di 3 μT , e il limite del campo elettrico di 5 kV/m.

Nel caso in cui, l'obiettivo di qualità sopra indicato, non possa essere puntualmente rispettato, non dovrà comunque essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico alla frequenza di 50 Hz, intesi come valori efficaci in base al DPCM 8 luglio 2003.

5.2 ZONE INTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO

Per quanto riguarda le aree interne al confine dell'intervento si rimarca che i limiti di esposizione, trasformati in valori di azione per l'induzione magnetica e per il campo elettrico, sono quelli imposti dal Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257 come confermato dal Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n°81 "Testo unico sulla Sicurezza". Tali limiti sono per le frequenze di rete (50 Hz) 500 μT per l'induzione magnetica e 10 kV/m per il campo elettrico e sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici siano protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

5.3 DESCRIZIONE AMBIENTE ANTE - OPERAM

Il sito sul quale sorgerà il parco solare è un'area con scarsa presenza abitativa, confinante con aree di tipo agricolo come rappresentato nelle tavole di progetto generali e con un'ampia area parcheggio di un centro commerciale limitrofo.

L'area non presenta nelle immediate vicinanze Stazioni Radio Base (SRB) o altre sorgenti di emissioni di campi elettrici, magnetici od elettromagnetici diverse dall'elettrodotto di cui sopra.

6 DISAMINA DELLE ZONE DI VALUTAZIONE CEM CON RIFERIMENTO ALLA SALUTE DELLE PERSONE

Si stimerà nel seguito l'emissione di campi elettrici e l'induzione magnetica generati dalle linee elettriche e dai dispositivi e sistemi collocati nel sito e generati dall'elettrodotto di allacciamento del parco fotovoltaico all'esterno del sito stesso. In questo capitolo verranno esaminate le condizioni al contorno dei singoli casi oggetto della presente valutazione di compatibilità elettromagnetica. In seguito verranno riportate le conclusioni della presente relazione.

Non sono previsti collegamenti elettrici in M.T. all'interno del parco fotovoltaico, ma è previsto il solo elettrodotto interrato di allacciamento destinato a trasportare l'energia elettrica in MT prodotta dal parco solare fotovoltaico. Verranno considerate come sorgenti di campo magnetico per la valutazione della possibile induzione magnetica generata, i circuiti di BT degli avvolgimenti dei due trasformatori e le sbarre dei quadri elettrici di BT presenti nella cabina di trasformazione come punti di massima concentrazione della corrente. Con riferimento ai campi elettrici vengono considerate sorgenti potenziali la cabina di consegna e i due trasformatori ove si ha la presenza di elementi conduttori non schermati posti alla tensione a 20 kV (sbarre MT e isolatori degli ingressi dei trasformatori).

Si terranno inoltre in considerazione i contributi degli inverter con le relative emissioni dovute alle armoniche di corrente.

6.1 ZONE INTERNE ALLA PROPRIETÀ: OPERE DI ALLACCIO

Vista la potenza limitata dell'impianto di produzione, essi saranno connessi con due linee in MT in configurazione entra esce su linea interrata/aerea esistente.

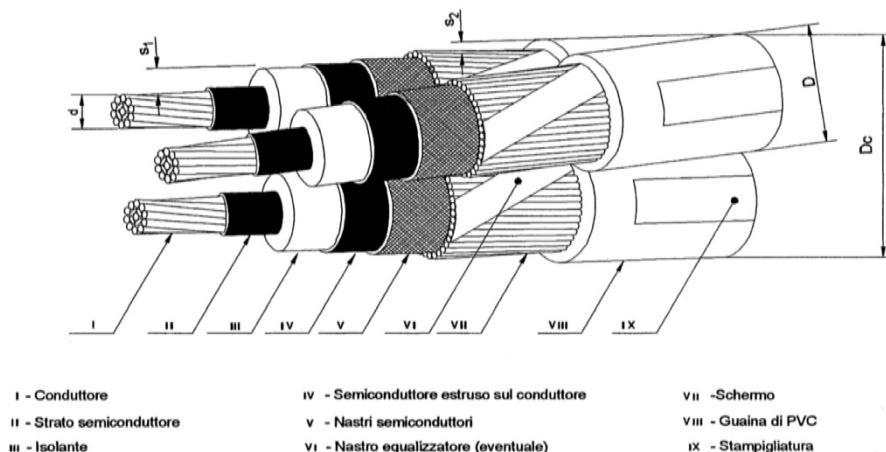


Fig. 3 - Cavo Media Tensione (20kV) tipo ARE4H5EX a conduttori in alluminio cordati ad elica visibile per posa interrata.

I raccordi in linea MT interrata con la linea MT del distributore afferente al traliccio saranno di tipo interrato come eventuali raccordi su pozzetto esistente entro le tubazioni del gestore già posate ed esistenti in sostituzione delle linee presenti. Ciò si rende necessario in quanto l'intervento di tesatura dei cavi e la giunzione degli stessi risulterà più agevole se realizzato a partire dal pozzetto esistente.

La tipologia dei cavi utilizzati per l'allacciamento sarà del tipo ARE4H5EX 3x(1x185mm²) (Fig. 3), comunemente chiamati cavi cordati ad elica visibile e omologati da E-Distribuzione. Il campo elettrico di questi cavo si sviluppa solo all'interno del cavo, tra conduttore e schermo (shield) di ogni singola fase e quindi non genera campi elettrici al di fuori del cavo.

Si noti come in base al D. Min. Ambiente Tutela Territorio e Mare, 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", che, sono escluse dall'applicazione della metodologia di calcolo in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiore a quella prevista dal Decreto interministeriale n. 449/88 e dal Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 16/01/91:

- Le linee di classe zero (come le linee telefoniche e di segnalazione)
- Le linee di classe prima (con tensione inferiore a 1 kV)
- Le linee in MT in cavo cordato a elica (sia interrate che aeree)

La tipologia dei cavi scelta risulta ricadere anche tra le "Situazioni particolari" di cui alla norma 106-11 par.7.1, in quanto la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μ T, anche nelle condizioni limite relativamente alla portata nominale, venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso; come esempio si riportano le curve equilivello di Fig. 4, dove il valore del campo per questa tipologia di conduttori, è prossimo a zero già a partire da distanze molto ridotte dal conduttore stesso (circa 80 cm) e il valore di 3 μ T viene raggiunto a 60-70 cm; anche moltiplicando questo valore per più linee come nel nostro caso (due linee con connessione entra esci sviluppanesi lungo il medesimo percorso), il risultato non cambia sostanzialmente anche considerando che il cavo verrà posto ad una profondità di posa minima pari ad 1 m.

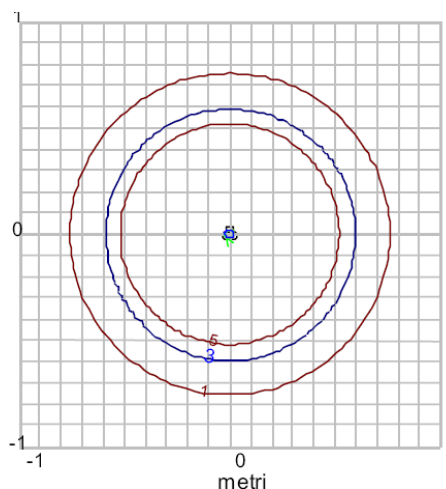


Fig. 4 - Curve equilivello dell'induzione magnetica B (1, 3 e 5 μ T) generata da cavi cordati ad elica: CAVO MT sotterraneo 3x(1x185mm²) EPR Al. I=360 A. – Posa interrata senza tubo protettivo.

Le linee sono realizzate in cavo cordato a elica visibile e **saranno posate in tubazione interrata.**

La posa in tubazione interrata riduce la portata nominale del cavo rispettivamente da 360 A a 288 A per il cavo di sezione pari a 185 mm².

Le correnti sono inferiori al caso rappresentato in Fig. 4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (I= 360A) le curve equilivello dell'induzione magnetica generata non possono essere che presentare raggi inferiori rispetto alla casistica rappresentata in Fig. 4.

Con riferimento a quanto indicato alle considerazioni conclusive riportate nella CEI 106-11 per i cavi cordati MT e BT si può concludere che per tutti i cavi cordati di media tensione le normali distanze di rispetto previste dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.

Per completezza va ricordato come la "Procedura per l'esecuzione di interventi che richiedono il calcolo di campi magnetici a frequenze estremamente basse" redatta dall'ARPA F.V.G. indica, per le linee in MT interrate, come per le linee gestite da E-Distribuzione, si debba far riferimento ad una estensione della fascia di rispetto pari a metri 2.

Le opere di rete qui presentate verranno costruite secondo standard e-Distribuzione e a fine lavori verranno integrate nella rete medesima di e-Distribuzione.

Riassumendo, la tipologia di cavi utilizzati per gli allacci alla rete del distributore ricadono nelle esclusioni dall'applicazione del D.M. 29 maggio 2008 essendo una linea in MT in cavo cordato ad elica interrato con le fasce associabili di ampiezza ridotta rispetto ai limiti stabiliti dalla legge.

6.2 ZONE PERIMETRALI ESTERNE ALLA RECINZIONE DELL'IMPIANTO ED INTERNE ALLA PROPRIETÀ

Per le zone interne alla proprietà ma esterne alla recinzione del parco fotovoltaico si persegue l'obiettivo di qualità ai sensi del paragrafo 4.2 del DPCM 8 luglio 2003. Al fine di valutare l'incidenza della induzione magnetica su tali zone si valuterà il contributo delle linee elettriche interne all'impianto e delle cabine di consegna e trasformazione poste nelle prossimità della recinzione. Le distanze tra tali sorgenti e la zona considerata, come si può anche evincere dalla tavola di progetto, sono tali da garantire, con l'eccezione del punto di attraversamento degli allacci, il raggiungimento, nella zona in questione, del limite imposto dell'induzione magnetica di 3 μT , e il limite del campo elettrico di 5 kV/m. Nel caso in cui, l'obiettivo di qualità sopra indicato, non possa essere puntualmente rispettato, si assicurerà comunque il rispetto del valore massimo del limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico alla frequenza di 50 Hz.

Con riferimento specifico al punto di raccordo con la linea esistente si sottolinea come lo stesso avverrà direttamente dalla proprietà.

6.3 ZONA INTERNA ALLA RECINZIONE DEL PARCO FOTOVOLTAICO

All'interno della recinzione non è prevista permanenza continuativa, nel normale esercizio, e in particolare superiore alle 4 ore all'interno delle cabine; il personale tecnico impiegato all'interno del parco fotovoltaico sarà formato ed informato circa le zone di maggior esposizione, che sono nelle cabine di trasformazione e di consegna. Per quanto riguarda le aree interne al confine dell'intervento si rimarca che i limiti di esposizione, trasformati in valori di azione per l'induzione magnetica e per il campo elettrico, sono quelli imposti dal Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257 come confermato dal Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n°81 "Testo unico sulla Sicurezza". Tali limiti sono per le frequenze di rete (50 Hz) 500 μT per l'induzione magnetica e di 10 kV/m per il campo elettrico.

6.3.1 Linee elettriche interrate interne

Considerati i valori delle correnti nelle linee interrate interne, le fasce di rispetto calcolate secondo i metodi proposti nella CEI 106-11, il valore dell'induzione magnetica in funzione di diversi valori della corrente (Fig. 6) si può con tranquillità sostenere che i limiti imposti siano rispettati.

6.3.2 Cabina di trasformazione e consegna

La cabina di trasformazione risulta suddivisa nella zona trasformatori e nella zona quadri di Media Tensione e Bassa Tensione.

Premettiamo che i campi elettrici generati dalle cabine BT/MT, visto il loro posizionamento, non sono significativi ai fini dell'esposizione della popolazione o dei lavoratori esternamente alle cabine elettriche stesse. Per tale condizione le sorgenti del campo elettrico dominante risultano essere i terminali (isolatori) del trasformatore lato media tensione e le sbarre dei moduli del quadro di media tensione presenti nella zona MT che si trovano sempre a distanza sufficiente da qualsiasi punto esterno alla cabina stessa e schermati dall'involucro della cabina stessa.

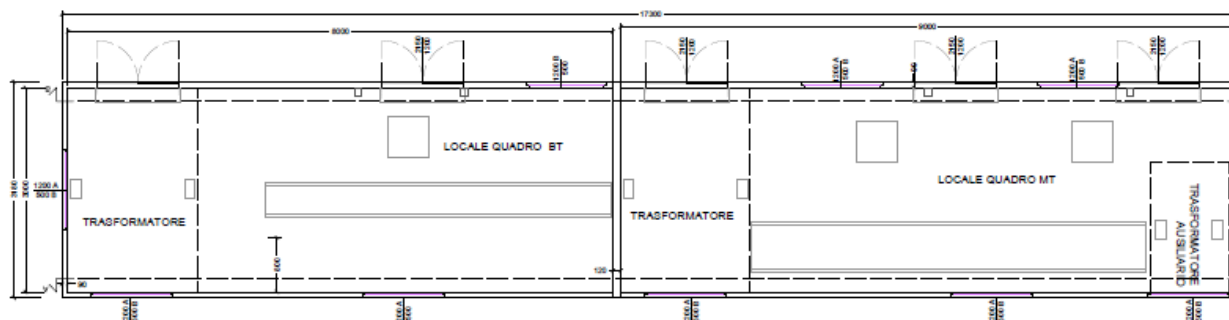


Fig. 5 - Cabina di trasformazione BT/MT.

Per quanto riguarda il campo elettrico interno alle cabine di Fig. 5 si evidenziano le seguenti situazioni operative:

- le zone trasformatori risultano accessibili solamente nel caso in cui il trasformatore non sia posto sotto tensione. I terminali di MT del trasformatore risultano posizionati a distanza sufficiente dal perimetro del locale al fine di non generare, sotto tensione, valori del campo elettrico superiori a quelli prescritti;
- per quanto riguarda il quadro di media tensione, essendo schermato metallicamente, risulta tale da impedire che le persone possano risultare interessate da valori di campo superiori ai 10 kV/m come da prescrizioni citate;
- anche il quadro di bassa tensione è schermato e pertanto la zona di distribuzione delle sbarre non si ritiene soggetta a valori superiori a quelli prescritti.

Nell'eventualità che, la disposizione dei componenti in fase di costruzione dovesse evidenziare situazioni in cui tali valori possano venire superati si provvederà a delimitare opportunamente le zone interessate da valori di campo superiori ai 10 kV/m al fine di segnalare tale situazione. Tale delimitazione verrà evidenziata sia tramite un avviso di pericolo posto sull'ingresso della cabina sia tramite adeguate delimitazioni e cartellonistiche; si ritiene comunque che, le cabine di trasformazione, derivando da produzioni standard, siano tali da poter con tranquillità affermare che, comunque, tale estrema situazione non verrà a verificarsi.

Si riporta in seguito la tabella (Tab. 1), riportata nella norma CEI CLC/TR 50453, indicante il valore del campo elettrico in funzione della tensione e della distanza dai conduttori in tensione.

Si noti come a 1 m di distanza da conduttori in tensione a 24 kV (limite massimo della tensione nei sistemi da 20 kV nominali), in assenza di ulteriori schermature, il livello del campo sia inferiore a 5 kV/m. Non si ritengono quindi necessarie ulteriori valutazioni o calcoli più accurati.

U_m kV	Minimal insulating distance EN 60076-3 m	Distance h between terminal and measuring point m	Diameter d of the energized conductor mm	Calculated E at distance h from energized conductor kV/m
7,2	0,09	0,3	12	6,0
		0,5	12	3,3
		1,0	12	1,4
24	0,225	0,5	12	10,8
		1,0	12	4,8
36	0,315	0,5	12	16,3
		1,0	12	7,2
		1,0	15	7,4
72,5	0,63	1,0	15	15
		2,0	15	6,7
123	1,05	1,5	15	15,8
		2,0	20	11,9
		3,0	20	7,4
145	1,25	2,0	20	14
		3,0	20	8,7
245	1,8	2,0	20	23,6
		3,0	20	14,7
		3,0	30	15,7
300	2,65	3,0	40	20,2
		5,0	40	11,1
		5,0	50	11,6
525	4,2	5,0	50	20,2
		10,0	50	9,1
		10,0	70	9,5

Tab. 1 - Valori del campo elettrico calcolati secondo la CEI CLC/TR 50453.

Si sottolinea come le cabine elettriche non generino, nella maggioranza dei casi, campi magnetici rilevanti negli ambienti esterni ad esse circostanti ove la popolazione può essere esposta a tali campi. Nel caso qui considerato si deve tenere in considerazione che la popolazione soggetta a campi magnetici della cabina all'esterno della stessa è limitata al personale di manutenzione presente nel sito solamente per alcune ore all'anno. Si è comunque tenuto conto, nel progettare le cabine di trasformazione BT/MT, delle indicazioni della CEI 106-12.

Si riporta in seguito la tabella riportata nella norma CEI CLC/TR 50453 (Tab. 2), indicante il valore del campo magnetico H in funzione della corrente e della distanza dai conduttori attraversati da tale corrente. I valori della induzione magnetica risultano facili da ottenere applicando la formula $B=H \cdot \mu_0$.

Current A r.m.s.	Maximum magnetic field at 1 m from centre of busbars A/m r.m.s.
100	2,9
500	14,7
1 000	29,5
5 000	147

Tab. 2 - Valori del campo magnetico calcolati secondo la CEI CLC/TR 50453.

Si noti come, a 1 m di distanza dai conduttori percorsi dalla corrente pari a 5000 A, di gran lunga superiore al caso in esame, il livello dell'induzione magnetica risulta inferiore a 147 μT .

Tale valore risulterebbe comunque già compatibile con i limiti imposti. Non si ritengono quindi necessarie ulteriori valutazioni o calcoli più accurati.

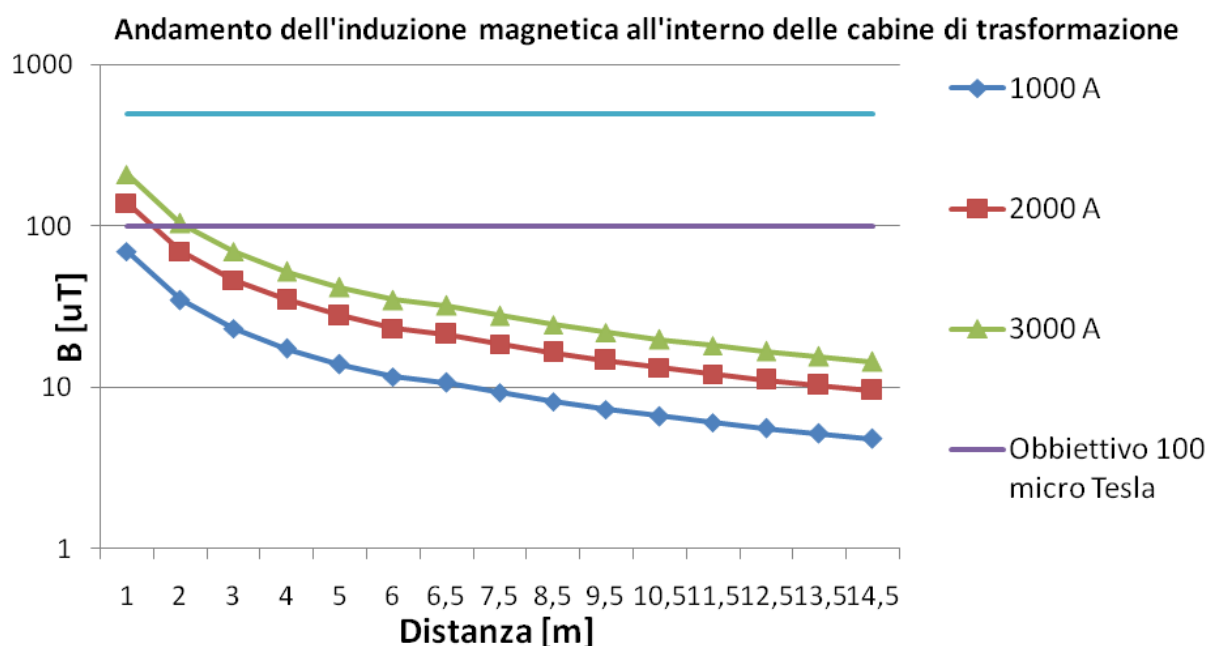


Fig. 6 - Andamento dell'induzione magnetica per diversi valori della corrente nei conduttori all'interno delle cabine di trasformazione e all'interno del parco (CEI 106-11 par. 6.2.3) in relazione ai limiti di esposizione: 100 μT popolazione, 500 μT

6.3.3 Inverter ed altre sorgenti minori

Nell'area del parco fotovoltaico saranno collocate apparecchiature che sono potenzialmente sorgenti elettromagnetiche, come ad esempio gli inverter; queste apparecchiature sono dotate di componenti elettronici ad alta frequenza:

Prima di essere immesse sul mercato queste apparecchiature devono possedere le necessarie Certificazioni per minimizzare le interferenze elettromagnetiche con altre apparecchiature e con

la rete oltre che, ovviamente, per garantire l'immunità elettromagnetica esterna e devono quindi rispondere alla direttiva europea sulla Compatibilità Elettromagnetica 2014/30/UE. Il contributo emissivo degli inverter è da considerarsi quindi, trascurabile rispetto a quello complessivamente emesso dalle cabine.

6.4 REGOLE TECNICHE APPLICABILI

Durante la progettazione di dettaglio delle opere, saranno prese in considerazione tutte le possibili soluzioni atte a minimizzare le emissioni sopra descritte, quali lay-out, schermature ecc.

Si farà riferimento in particolare a norme tecniche e guide CEI ed UNI in vigore al momento della progettazione di dettaglio.

Analogamente a quanto detto sopra, nel caso necessitassero modifiche al progetto iniziale e tenuto conto delle stime e dei calcoli qui presentati, saranno applicate le sopracitate soluzioni tecniche per raggiungere gli obiettivi sopra esposti.

7 TECNICHE DI RIDUZIONE DELL'INDUZIONE MAGNETICA B PRODOTTA DAGLI ELETTRODOTTI DI ALLACCIAMENTO

Qualora le fasce di rispetto individuate nella presente relazione, a causa di un posizionamento degli elettrodotto diverso da quello ora previsto in fase progettuale, dovuto a motivi legati al corso dell'opera e non ora prevedibili, interessassero luoghi con permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere come ad esempio le abitazioni collocate lungo il percorso, saranno applicate congrue tecniche di riduzione mediante schermatura.

La metodologia di schermatura da utilizzarsi sarà funzione della tipologia di terreno, dell'intensità reale del vettore induzione magnetica B e del tipo di posa che verrà realizzato (profondità, distanza dei conduttori, ecc).

In termini generali, la schermatura sarà da intendersi come un canale nel quale posare i conduttori; in particolare si evidenzia che strutture metalliche in acciaio con elevato contenuto di Fe presentano caratteristiche di schermatura rilevanti e possono essere trattate per evitare corrosione da ruggine, mantenendo di fatto costanti le prestazioni dello schermo nel tempo.

Qualora strutture metalliche in acciaio non garantissero una sufficiente schermatura, si utilizzeranno soluzioni tecniche differenti comprendenti ad esempio materiali μ – magnetici o schermature a sandwich con strati di vari materiali messi a contatto. (Fig. 7).

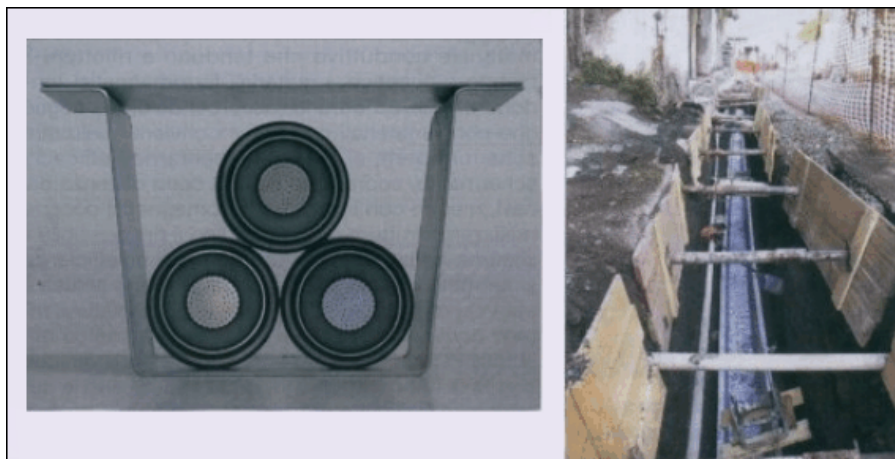


Fig. 7 - Possibile soluzione per ridurre opportunamente l'induzione magnetica di linee elettriche.

8 APPLICAZIONE DEL DECRETO LEGISLATIVO 194/07 (COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA)

L'opera realizzata è da considerarsi come potenziale sorgente di disturbi di tipo radioelettrico e quindi rientrante nel campo d'applicazione del Decreto Legislativo 194/07 e del Decreto Legislativo 80/2016 connessi con la compatibilità elettromagnetica.

In particolare, si riconosce che il citato impianto è identificabile come una installazione fissa e pertanto è in capo al responsabile dell'installazione l'adozione delle migliori soluzioni tecniche disponibili per ridurre tale fenomeno e conformarsi a quanto indicato all'allegato I del citato Decreto: a tal fine il responsabile dell'installazione predisporrà un fascicolo tecnico della costruzione.

Fermo restando la necessità di una progettazione di dettaglio, la scelta di utilizzare solo componentistica marcata CE ai sensi delle Direttive 2004/108/CE e 2014/30/UE ed idonea al tipo di applicazione, in combinazione con la buona prassi tecnica di installazione, garantisce risultati del tutto accettabili per quanto concerne le emissioni di disturbi elettromagnetici.

9 CONCLUSIONI

Valutato i calcoli, in base alle scelte progettuali presentate e analizzati i luoghi con particolare attenzione all'ambiente elettromagnetico pre-esistente, possiamo concludere che l'impatto della realizzazione del parco solare fotovoltaico "Parco Solare Milleacque" non è rilevante dal punto di vista dei campi elettromagnetici in quanto:

1. Le opere di connessione sono realizzate utilizzando cavi cordati ad elica interrati e comunque risultano interne alla proprietà. In questo modo non vengono superati i limiti di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico alla frequenza di 50 Hz generati dagli elettrodotti stessi. Il percorso e la profondità dei nuovi cavidotti interrati sono stati comunque scelti, e verranno verificati in fase di costruzione, in modo tale che eventuali luoghi caratterizzati da permanenze e destinazioni d'uso diverse non si trovino all'interno delle fasce di rispetto per l'obiettivo di qualità (induzione magnetica di 3 μ T (microTesla). Come descritto sulle tavole di progetto, il percorso di tali opere non intersecherà mai luoghi per i quali è necessario il rispetto di tale limite.
2. Internamente al sito si possono trovare campi di intensità moderata all'interno delle cabine elettriche di trasformazione e consegna. L'intensità è comunque molto inferiore ai limiti ammessi di 500 μ T per l'induzione magnetica e di 10 kV/m per il campo elettrico, in quanto l'impianto è da considerarsi come luogo di lavoro, per il quale vanno applicati i limiti descritti nel Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257 "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)". Tali limiti risulteranno rispettati.
3. Tutti gli elettrodotti sono interrati (quelli di media tensione sono cordati ad elica visibile) e quindi il campo elettrico ad essi associabile è trascurabile.
4. Il campo elettrico per le strutture differenti dagli elettrodotti sono stati valutati come al di sotto del limite massimo previsto, nel caso peggiore.
5. Si sono tenuti opportuni gradi di libertà progettuale da utilizzarsi in corso d'opera al fine di rispettare in ogni caso i limiti indicati.

Concludendo si può dire che in merito all'esposizione elettromagnetica sono rispettati i valori limite vigenti. Il Parco Solare Milleacque non comporterà quindi nessuna variazione rilevante rispetto alla situazione elettromagnetica preesistente.

10 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- CEI 307-2 Check-list per Studi di Impatto Ambientale relativi a centrali di generazione elettrica
- D.P.C.M. 27 dicembre 1988 (1) : Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, L. 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377 (2)
- Metodologie, tecniche e procedure per la riduzione delle emissioni dei campi elettromagnetici nell'ambiente, Rapporti 73/2006 APAT
- Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (mt/bt), Bruni, M., Frascetta, M., Notari, B., Sesti, D., Violanti, S. Arpa Emilia Romagna, Sezione di Piacenza, Arpa Emilia Romagna, Sezione di Modena, Casoli, P. Gruppo Hera, Modena, D' Angelo, L., Martelli, A. Tecnoservizi S.a.s.
- D. Andreuccetti, N. Zoppelli, R. Conti, N. Fanelli, A. Giorgi, R. Rendina: Magnetic fields from over head power lines: Advanced prediction techniques for environmental support to design. Power tech 2003-Bologna 23-26 June 2003
- CIGRE Guide 104: Magnetic field in HV cable systems – 1/ Systems without ferromagnetic component (1996) (JTF 36.01-21)
- W.T. Kaune, L.E. Zaffanella: Analysis of Magnetic Fields Produced Far from Electric Power Lines. IEEE Trans. on Power Delivery. Vol. 7, No. 4, pp. 2082-2091, Oct. 1993.
- Influenza del modello della linea nella determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti Zoppetti, N. Andreuccetti, D. IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara del Consiglio Nazionale delle Ricerche)
- La determinazione delle fasce di rispetto di "primo livello" per gli elettrodotti Benes M. (1), Bampo A., Maslic E., Ferluga S, Villalta R. ARPA Friuli Venezia Giulia – Dipartimento di Fisica Ambientale,
- Dall'analisi dell'impatto delle linee elettriche alla pianificazione territoriale e alle azioni di mitigazione: il caso della Provincia di Pisa. Licitra G.(a), Colonna N.(b)

10.1 Siti internet consultati

- www.arpa.fvg.it
- www.elektro.it
- www.unicei.it
- www.tne.it