

Progetto definitivo di un impianto fotovoltaico di potenza di
circa 84 MWp da realizzare al suolo
Figline e Incisa Valdarno (FI) denominato:
H2-Era Green Valley



Titolo: Appendice 1: Alla Relazione Campi Elettromagnetici	Nome File: RELAZIONE Campi Elettromagnetici.pdf
	Procedimento Autorizzativo Unico Regionale (ex. Art.27Bis del DLgs 152/2006)
	Rev: <u>RE03</u>



SolarFieldsSette srl

SolarFieldsSette srl – P.iva 01998810566 – solarfields@pec.it

web: www.solarfields.it

Sede legale:

Via Gianbattista Casti 65 Acquapendente 01021 (Vt)

N° Rev		Data	Redatto:	Verificato:	Approvato:
3		23 feb. 2024	Ing. M.Manenti		

Committente: H2-Era Green Valley s.r.l.

SOMMARIO:

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER I CAMPI ELETTROMAGNETICI DEL PROGETTO	6
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	8
4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI Elettrici	10
4.1 Moduli Fotovoltaici.....	10
4.2 Inverter, Cabine Inverter e trasformatori	11
4.3 Collegamenti elettrici e cavidotti	14
5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO	15
5.1. Campi E.M. relativi ai Moduli fotovoltaici	15
5.2. Campi E.M. relativi agli Inverter.....	15
5.3. Campi E.M. relativi alle Linee elettriche in corrente alternata	16
5.4. Campi E.M. relativi alle Cabine elettriche di trasformazione	18
6. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	19
6.1. Linee elettriche in corrente alternata in media tensione	19
7. Considerazioni Conclusive	26



“Non c'è alcuna crisi energetica, solo una crisi di ignoranza.”

[Richard Buckminster Fuller](#)

«Le conseguenze dei cambiamenti climatici, che già si sentono in modo drammatico in molti Stati, ci ricordano la gravità dell'incuria e dell'inazione; il tempo per trovare soluzioni globali si sta esaurendo; possiamo trovare soluzioni adeguate soltanto se agiremo insieme e concordi. Esiste pertanto un chiaro, definitivo e improrogabile imperativo etico ad agire.»^[1]_{SEP}

[Papa Francesco, dicembre 2014](#)

1. PREMESSA

FOTOVOLTAICO

Gli impianti PV di nuova generazione in “market parity” per una nuova era dell'energia per il nostro paese

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

L'impianto, oggetto del presente documento, si propone di produrre una notevole quantità di **energia da fonte di tipo rinnovabile da immettere nella rete pubblica**. In particolare, si utilizza in questo impianto l'effetto fotovoltaico per convertire la radiazione luminosa proveniente dal sole in energia elettrica in maniera diretta, senza cioè passare per altre forme di energia.

Nel Piano Energetico Nazionale (SEN 2017) l'Italia si è posta l'ambizioso obiettivo di installare oltre 30 GW di nuova potenza fotovoltaica entro il 2030. Questo traguardo permetterebbe una rivoluzione energetica epocale per il nostro paese, passando dalle fonti fossili ad una produzione di energia prevalentemente rinnovabile, con enormi vantaggi in termini ambientali, ma anche in chiave di autonomia energetica rispetto all'attuale situazione di dipendenza da



importazione di fonti fossili o di energia elettrica dall'estero. Questa rivoluzione sarà di supporto, inoltre, ad un ulteriore passo in avanti verso un mondo sostenibile, quello della mobilità elettrica.

In generale l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- o la produzione di energia senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- o il risparmio di combustibile fossile;
- o nessun inquinamento acustico;
- o soluzioni di progettazione compatibili con le esigenze di tutela ambientale (es. impatto visivo);
- o la possibilità di ottenere profitto da terreni non usati a scopi agricoli.

In particolare, le innovazioni tecnologiche adottate nei nostri progetti, permettono inoltre:

- o Essere pienamente concorrenziali con le centrali elettriche a fonti fossili, così da non necessitare di incentivi pubblici;
- o Una maggiore integrazione nel contesto agricolo e/o urbano grazie all'utilizzo di strutture più basse e compatte, e alla attenta selezione di soluzioni di mitigazione.
- o Impianti più performanti, anche oltre il 30% rispetto a qualche anno fa, con conseguente riduzione dell'occupazione del suolo;
- o Impianti con più lunghe attese di vita;

Solarfields si impegna, nella progettazione dei suoi grandi impianti fotovoltaici su suolo agricolo, di limitare al massimo l'impatto nel contesto ambientale del sito e di massimizzare le ricadute economiche sul territorio (in termini di occupazione e benefici energetici ed economici).

Soluzioni di inserimento degli impianti fotovoltaici in ambito agricolo

- limitate altezze** delle strutture, GRAZIE ALLE INNOVAZIONI TECNOLOGICHE ADOTTATE NEI NUOVI IMPIANTI IN SVILUPPO;
- Utilizzo di strutture con pali infissi nel suolo senza plinti in cemento** (semplici da dimettere e molto meno impattanti delle fondazioni o plinti in cemento);
- Recinzioni sollevate da terra e di altezze contenute** per permettere il passaggio degli animali;
- piantumazioni perimetrali attentamente selezionate** (con idonea vegetazione locale) che nascondano alla vista le strutture ed i moduli;
- selezione accurata dei siti** di installazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER I CAMPI ELETTROMAGNETICI DEL PROGETTO

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare, ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

In particolare nel 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 fissati i limiti di esposizione e i 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.

Per il progetto in oggetto si mettono in evidenza i seguenti articoli: "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].

Ci fissiamo l'obiettivo quindi di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai $3\mu\text{T}$ come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m^2)
0.1-3	60	0.2	-
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 2 Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m^2)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m^2)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7.



3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'allegato tecnico "Schema elettrico unifilare generale" riporta lo schema elettrico unifilare generale a partire dal quale è possibile evidenziare le principali funzioni svolte dai sottosistemi ed apparecchiature costituenti l'impianto stesso.

Il generatore fotovoltaico, posto al suolo, è composto da moduli in silicio monocristallino e inverter centralizzati, come evidenziato nello schema unifilare e con le caratteristiche dettagliate nei relativi datasheet allegati.

Le stringhe fotovoltaiche di ciascun sottocampo saranno connesse in parallelo attraverso un quadro di sottocampo come messo in evidenza nello schema unifilare allegato.

L'involucro esterno dell'inverter è in grado di resistere alla penetrazione di solidi e liquidi con grado di protezione IP65. L'inverter è predisposto per un sistema di monitoraggio locale ed un'interfaccia per essere collegato al sistema di monitoraggio e acquisizione dati dell'impianto.

L'impianto fotovoltaico sarà così configurato:

Numero totale di moduli	137.710
Numero inverter	9
Numero di campi	9
Numero di moduli per inseguitore	14/21/42

Caratteristiche di ogni singolo Campo

Potenza di picco di ogni singolo campo (MWp)	Circa 10,898
Numero totale Inseguitori	2368
Numero Stringhe per Inseguitori	1/2/4
Numero totale moduli per Stringa	21
Potenza di Picco di stringa (kWp)	12,73



Potenza di Picco di Inseguitore (kWp)	9,73/19,46/38,92
Tensione a circuito aperto di stringa (V)	967,8
Corrente di corto di stringa (A)	18,44

La tabella seguente riporta i dati salienti della sezione di ingresso inverter

Campo (C) / Inverter	Tensione max di ingresso Inverter PV [V]	Corrente massima di ingresso [A](dc)
	< 1.500	< 2000



4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI Elettrici

4.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli previsti sono **Longi Solar LR7-72HGD-620M**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate nel datasheet allegato e potenza di circa 610 W.c

Ogni modulo dispone di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP65 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti.

I moduli scelti sono forniti di cornice e con garanzia di una potenza non inferiore al 90% del valore iniziale dopo 10 anni di funzionamento ed all'80% dopo 25 anni.

Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

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

Si rimanda a allegato materiali per schede e dettagli

4.2 Inverter, Cabine Inverter e trasformatori

Gli inverter saranno posizionati in un box ad alloggiare tutti gli elementi dell'inverter centralizzato selezionato, e descritto in dettaglio nel datasheet allegato. Dimensioni e caratteristiche delle cabine sono riportate nella tavola relativa allegata.

Si è scelto di adottare una soluzione centralizzata e compatta SG6600/8800UD-MV

Uscita AC con tensione a 30 kV Corrente 200 A

PECULIARITÀ

- o Flessibilità e scalabilità di configurazione.
- o Vasta e completa gamma di potenza.
- o Realizzata e collaudata direttamente in fabbrica per ridurre i tempi di installazione ed evitare l'assemblaggio in impianto.
- o Massima efficienza e produzione di energia grazie a inverter con MPS.
- o Gestione differenziata del generatore fotovoltaico e suddivisione ottimizzata in sottocampi.
- o Progettata in maniera tale da poter essere facilmente mantenuta periodicamente grazie alla facile accessibilità di tutti i dispositivi installati.



Si riportano di seguito la sintesi delle caratteristiche:

Modello	SG6600UD-MV	SG8800UD-MV
Ingresso (CC)		
Tensione massima FV in ingresso	1500 V	
Tensione minima FV in ingresso / Tensione di avviamento	895 V / 905 V	
Intervallo di tensione MPP	895 – 1500 V	
N. di ingressi MPP indipendenti	6	8
N. di ingressi CC	30 (in opzione: 36/42 ingressi con polo negativo a terra)	40 (in opzione: 48/56 ingressi con polo negativo a terra)
Corrente massima FV in ingresso	6 * 1435 A	8 * 1435 A
Massima corrente di cortocircuito CC	6 * 5000 A	8 * 5000 A
Configurazione del generatore FV	Polo negativo a terra / Floating	
Uscita (CA)		
Potenza di uscita CA	6600 kVA a 40 °C 7590 kVA a 20 °C	8800 kVA a 40 °C 10120 kVA a 20 °C
Corrente di uscita massima inverter	6 x 1160 A	8 x 1160 A
Corrente massima in uscita CA	219 A	293 A
Intervallo di tensione CA	10 kV – 35 kV	20 kV – 35 kV
Frequenza nominale di rete / Intervallo di frequenza di rete	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz	
Distorsione armonica totale (THD)	< 3% (alla potenza nominale)	
Fattore di potenza alla potenza nominale / Fattore di potenza regolabile	>0,99 / 0,8 in entrata – 0,8 in uscita	
Fasi alimentazione / Connessione CA	3 / 3-PE	
Efficienza		
Efficienza massima dell'inverter / Efficienza europea dell'inverter	99,0% / 98,7%	
Trasformatore		
Potenza nominale del trasformatore	6600 kVA	8800 kVA
Potenza massima del trasformatore	7590 kVA	10120 kVA
Tensione LV / MT	0,63 kV / 0,63 kV / (10 – 35) kV	0,63 kV / 0,63 kV / (20 – 35) kV
Impedenza di corto circuito	8% (0 – ±10%) a 6600 kVA	9,5% (0 – ±10%) a 8800 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11y11	
Tipo di raffreddamento del trasformatore	ONAN/In opzione: ONAF	
Tipo di olio	Olio minerale (privo di PCB) o olio biodegradabile su richiesta	
Protezioni e funzionalità		
Protezione ingressi CC	Sezionatore di carico + fusibile	
Protezione uscita inverter	Interruttore automatico	
Protezione uscita MT CA	Interruttore automatico	
Protezione da sovracorrente	CC Tipo II / CA Tipo II	
Monitoraggio rete / Monitoraggio delle dispersioni a terra	Sì / Sì	
Monitoraggio isolamento	Sì	
Protezione da surriscaldamento	Sì	
Funzione Q @ night	In opzione	
Dati generali		
Dimensioni (Larghezza x Altezza x Profondità)	12192x2896x2438 mm	
Peso	≤28 T	≤32 T
Grado di protezione	Inverter: IP65 / Altri: IP54	
Alimentazione ausiliaria	5 kVA (in opzione: max. 40 kVA)	
Intervallo di temperatura ambiente di esercizio	Da -35 a 60 °C (>40 °C depotenziamento)	
Intervallo di umidità relativa consentito	0 – 100%	
Metodo di raffreddamento	Raffreddamento ad aria forzata a temperatura controllata	
Altitudine massima di esercizio	1000 m (standard) / > 1000 m (in opzione)	
Display	Indicatori LED, WLAN+WebHMI	
Comunicazione	Standard: RS485, Ethernet; in opzione: fibra ottica	
Conformità	CE, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 62271-202, IEC 62271-200, IEC 60076	
Supporto rete	Funzione reattiva notturna (Q @ night; in opzione), L/HVRT, controllo potenza attiva e reattiva e controllo della rampa di potenza	



ALTO RENDIMENTO

- Tecnologia avanzata a tre livelli, efficienza massima dell'inverter 99%
- Raffreddamento efficace, funzionamento a piena potenza a 40 °C



SMART O&M

- Funzioni di "zone monitoring" e monitoraggio dei parametri MV integrate, per analisi on-line e risoluzione dei guasti
- Design modulare, manutenzione semplificata



RISPARMIO SULL'INVESTIMENTO

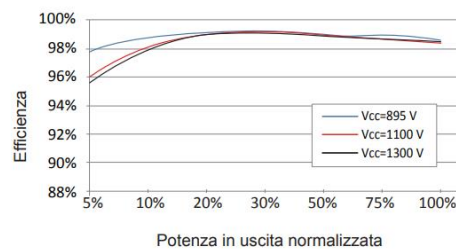
- Bassi costi di trasporto e installazione grazie al design del container da 40 piedi
- Impianto 1500 V CC, costi di sistema ridotti
- Trasformatore MT/BT, cella di media tensione e quadro di distribuzione ausiliaria integrati
- Funzione Q @ night opzionale



SUPPORTO ALLA RETE

- Conformità alle norme: IEC 61727, IEC 62116, IEC 62271-202, IEC 62271-200, IEC 60076
- Low/High voltage ride through (L/HVRT)
- Controllo della potenza attiva e reattiva e controllo della rampa di potenza

CURVA DI EFFICIENZA



4.3 Collegamenti elettrici e cavidotti

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact preinstallati dal produttore nelle scatole di giunzione poste sul retro di ogni modulo. I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali previsti nei profili delle strutture di fissaggio.

Per la distribuzione dei cavi all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 1.5 m per i cavi di media tensione su proprietà privata e pari ad almeno 1 metro su terreno pubblico) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi.

I cavi MT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e monitoraggio. Ad intervalli di circa 15 / 20 m per tratti rettilinei e ad ogni derivazione si interporranno dei pozzetti rompitratta (del tipo prefabbricato con chiusura in cemento) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto. I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi. Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso) oppure mediante nastri segnalatori posti a 20 cm sopra le tubazioni.

Le tubazioni dei cavidotti in PVC devono essere di tipo pesante (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N).

Ogni singolo elemento è provvisto ad una estremità di bicchiere per la giunzione. Il tubo è posato in modo che esso si appoggi sul fondo dello scavo per tutta la lunghezza; è completo di ogni minuteria ed accessorio per renderlo in opera conformemente alle norme CEI 23-29.

5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

5.1. Campi E.M. relativi ai Moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaico i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

5.2. Campi E.M. relativi agli 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).

Gli inverter selezionati rispettano tutta la normativa vigente che prevede tra le varie cose l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, e ridottissime emissioni per evitare interferenze con altre apparecchiature o con la rete elettrica.

Tali normative di compatibilità elettromagnetica sono:

- 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%;

- 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 disinserione dell'impianto fotovoltaico.
- Ecc

5.3. Campi E.M. relativi alle Linee elettriche in corrente alternata

Come anticipato, 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 che saranno presenti nell'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.

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.

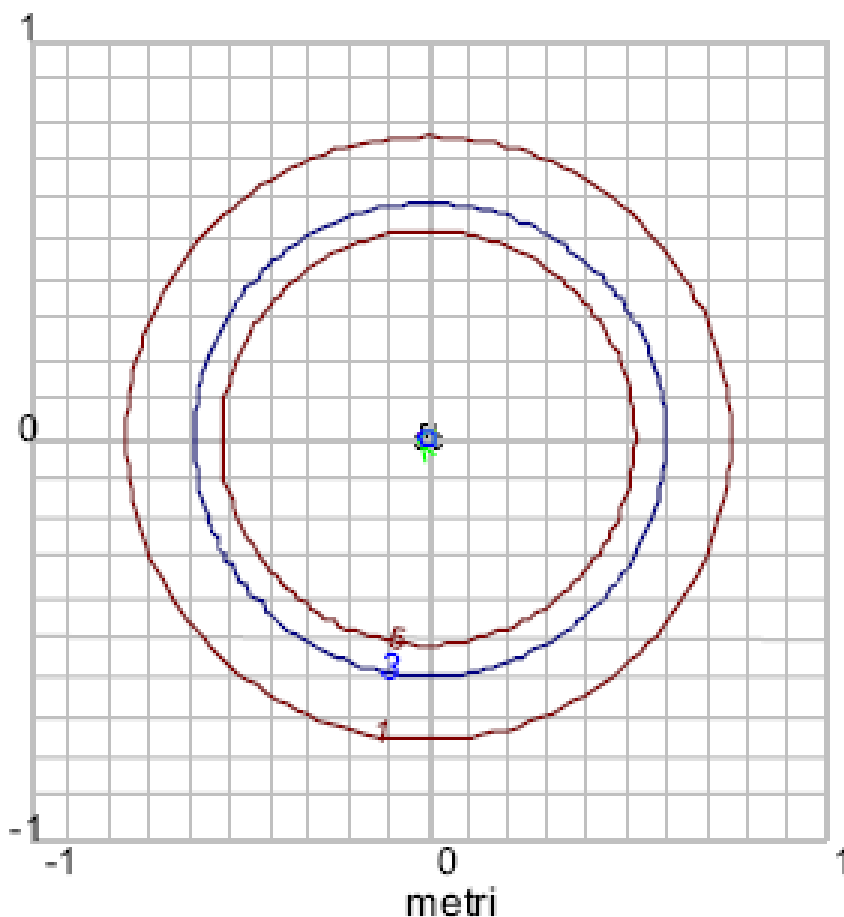


Fig. 1 Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)

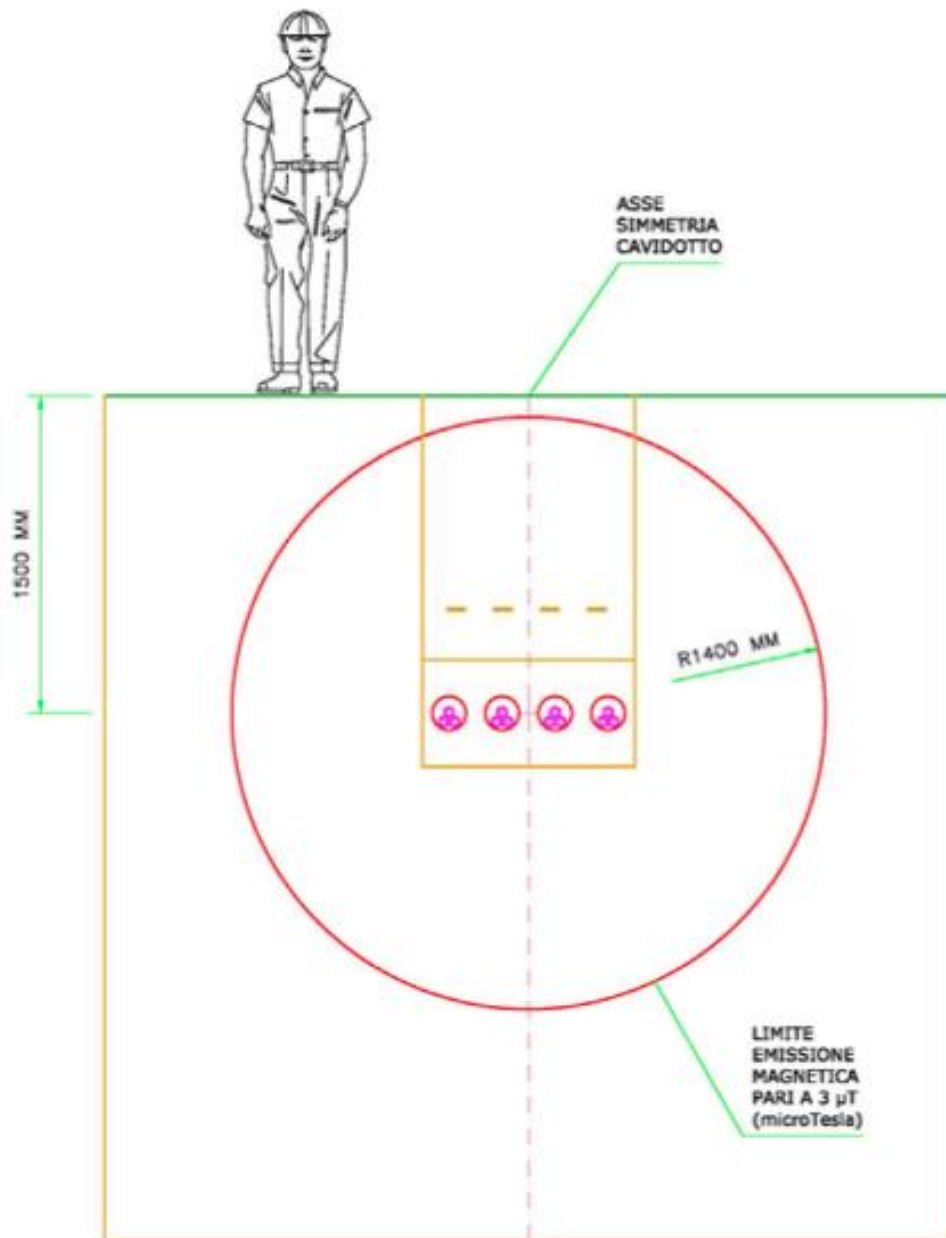


Fig. 2 Volume di rispetto per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata.

Si sottolinea che si asservirà una fascia di 1 metro per le linee. Considerando quindi 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 elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

5.4. Campi E.M. relativi alle Cabine elettriche di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT e quindi nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 8000 kVA collocati nelle cabine di trasformazione stesse

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

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 quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DP}{\sqrt{I}} = 0,40942x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3(6x240) mm², con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto, a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non è permanentemente presidiata (e comunque lo sarebbe solo da personale formato, e sono chiuse a chiave).

6. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

6.1. Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti 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 sottostazione utente.

Nel nostro progetto si tratta di linee interrato, quindi il valore del CAMPO ELETTTRICO è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto trattati i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Considerando che nel nostro progetto vi sono tratti diversi in cui a seconda dei casi sono presenti una o più terne di cavi MT isolati a 30 kV (distanziate di 25 cm), tratteremo prima il caso generale per poi fare le considerazioni puntuali per ogni situazione specifica delle varie tratte. Si riporta di seguito la centrale MT/AT presente nello stabilimento in cui verrà collegato l'impianto Fv.

Si rimanda alle tavole di dettaglio

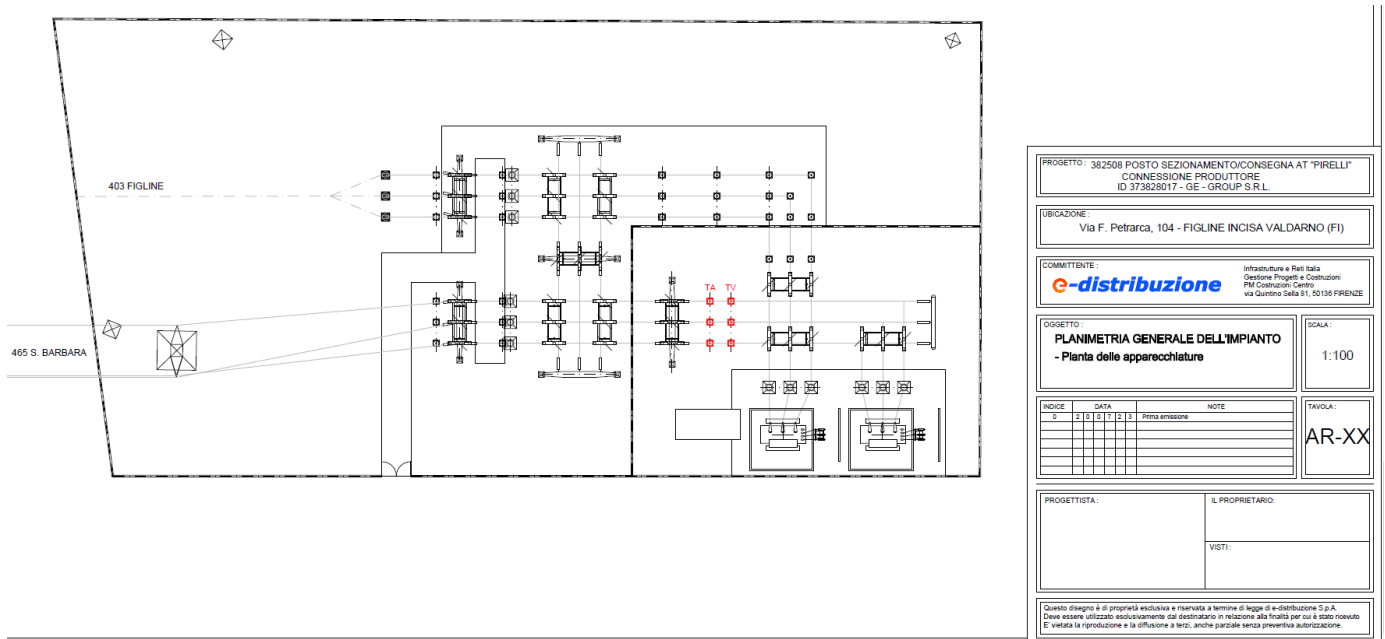
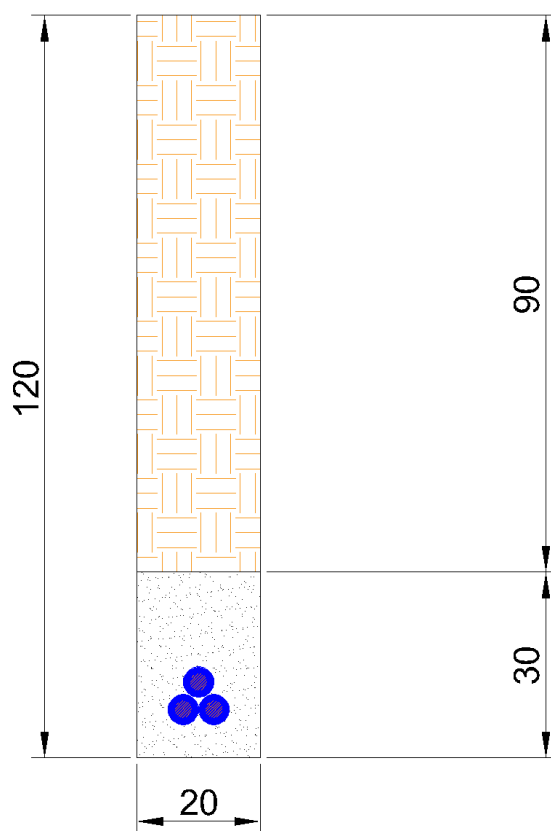


Figura 1 Cabina consegna ex Bekaert

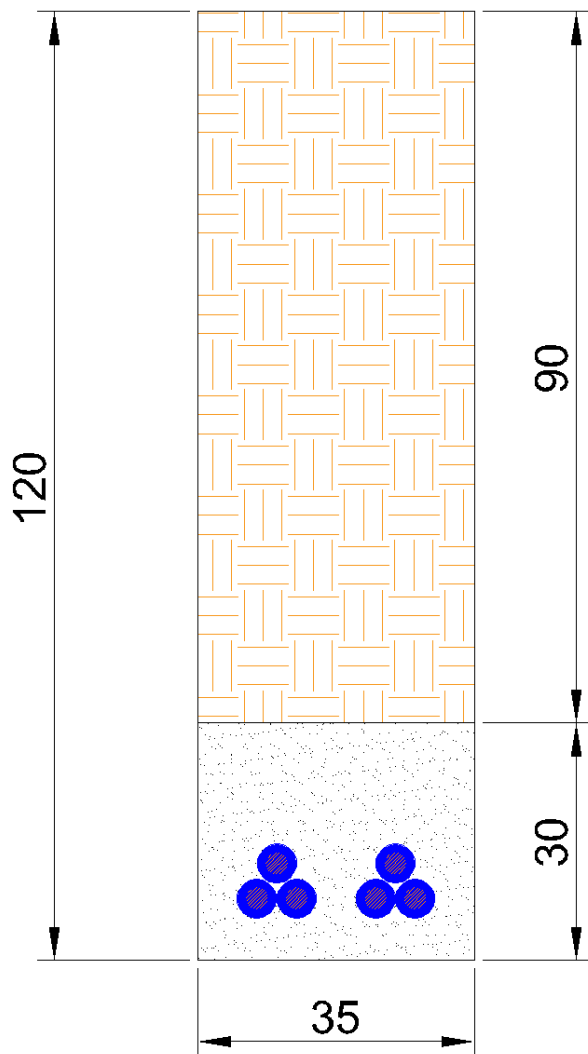
Si riportano di seguito le sezioni tipiche delle pose in cavo per le varie tratte del progetto, quindi con una o più terre.



TRATTO DI SCAVO

Strada sterrata e/o banchina di strada asfaltata

fig. 3 Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per singolo cavidotto in MT.



TRATTO DI SCAVO

Strada sterrata e/o banchina di strada asfaltata

fig. 4 Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per doppio cavidotto in MT.

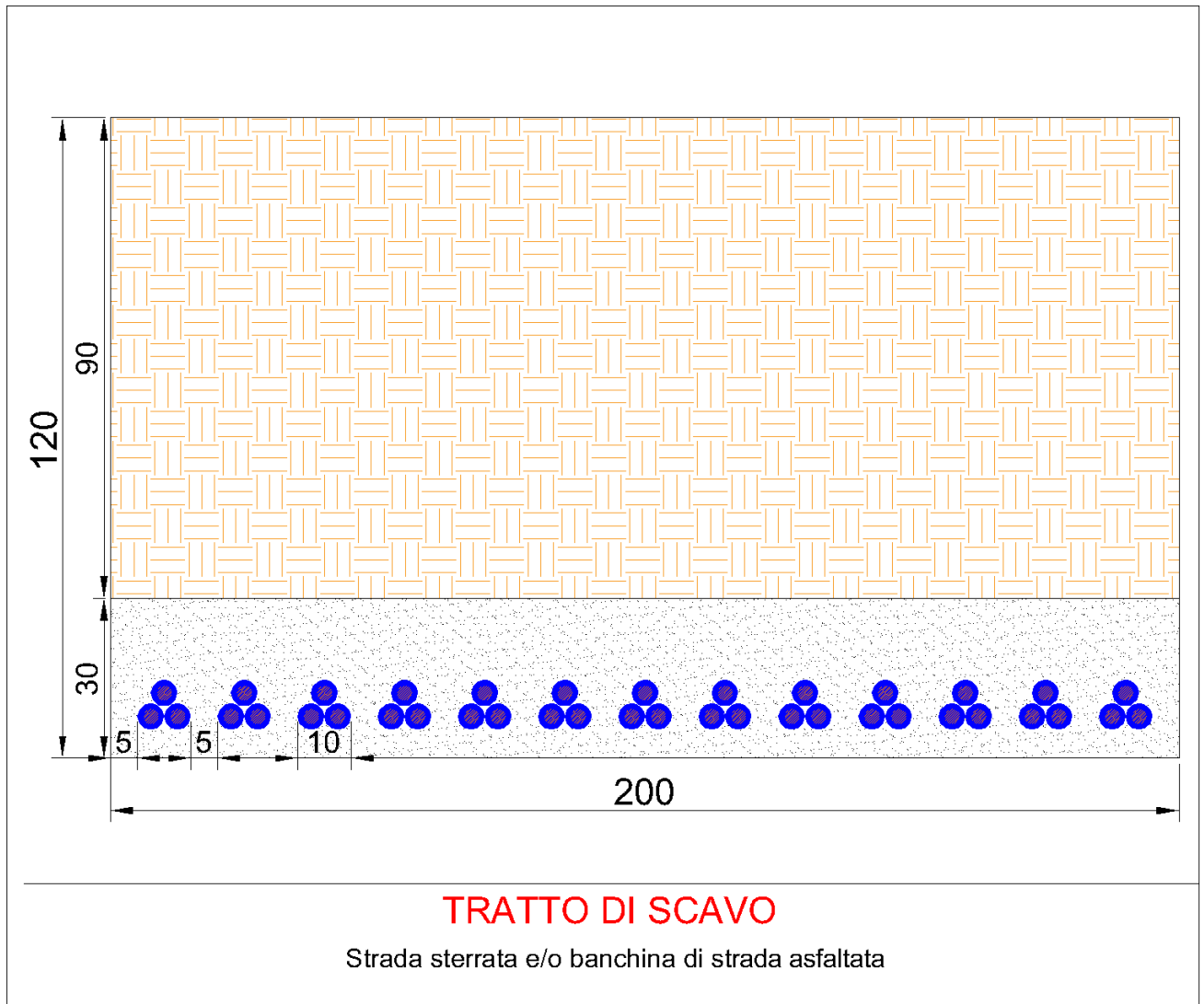


fig. 5 Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per plurimo cavidotto in MT.

Per la situazione in esterno, si hanno i cavidotti MT esterni che collegano la cabina d’impianto al quadro MT della sottostazione utente. In questo caso si prevede l’utilizzo di cavi unipolari di sezione 630 mm², posati a trifoglio. La corrente massima di tale collegamento MT per l’impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos \phi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0,95} = 405A$$

Il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata quindi presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 710 A, che è la portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell’elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella figura 4 sotto è riportato l’andamento dell’induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate, come detto, una o più terne di cavi nella medesima trincea.

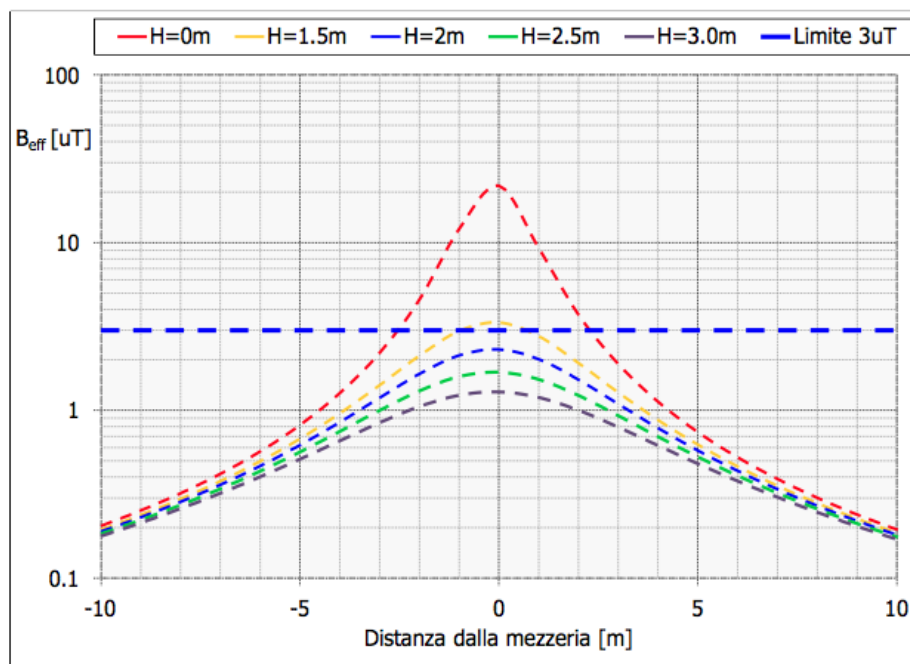


fig. 6 Andamento dell’induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto.

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente. In tal caso il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,8 m dall'asse del cavidotto.

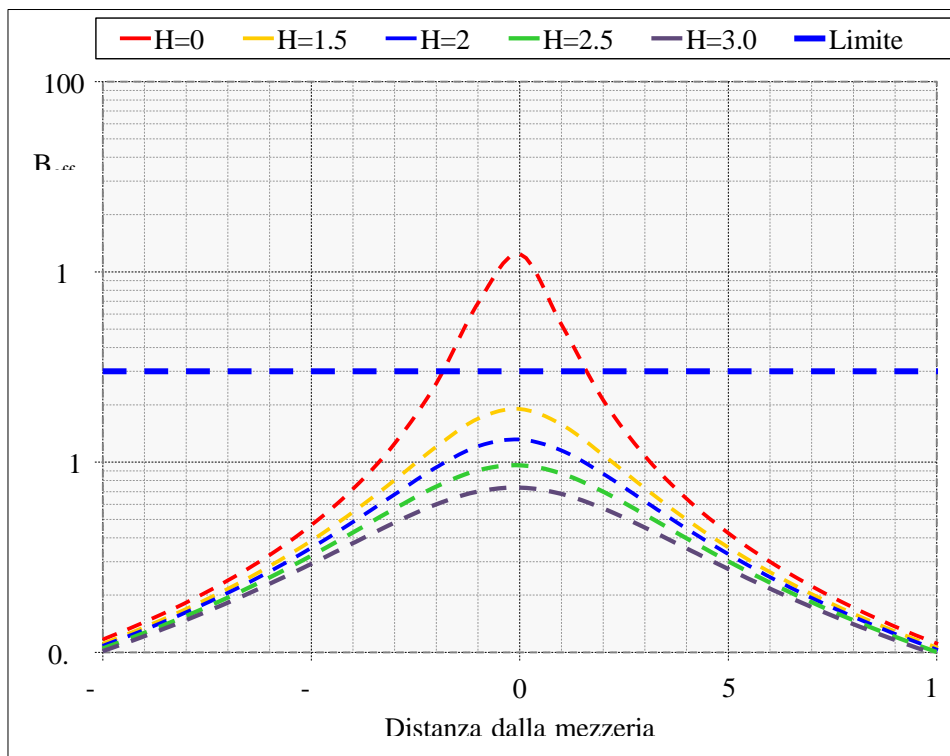


fig. 7 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ 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 ricettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso del numero massimo di terne di cavi previste dal progetto alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento. Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

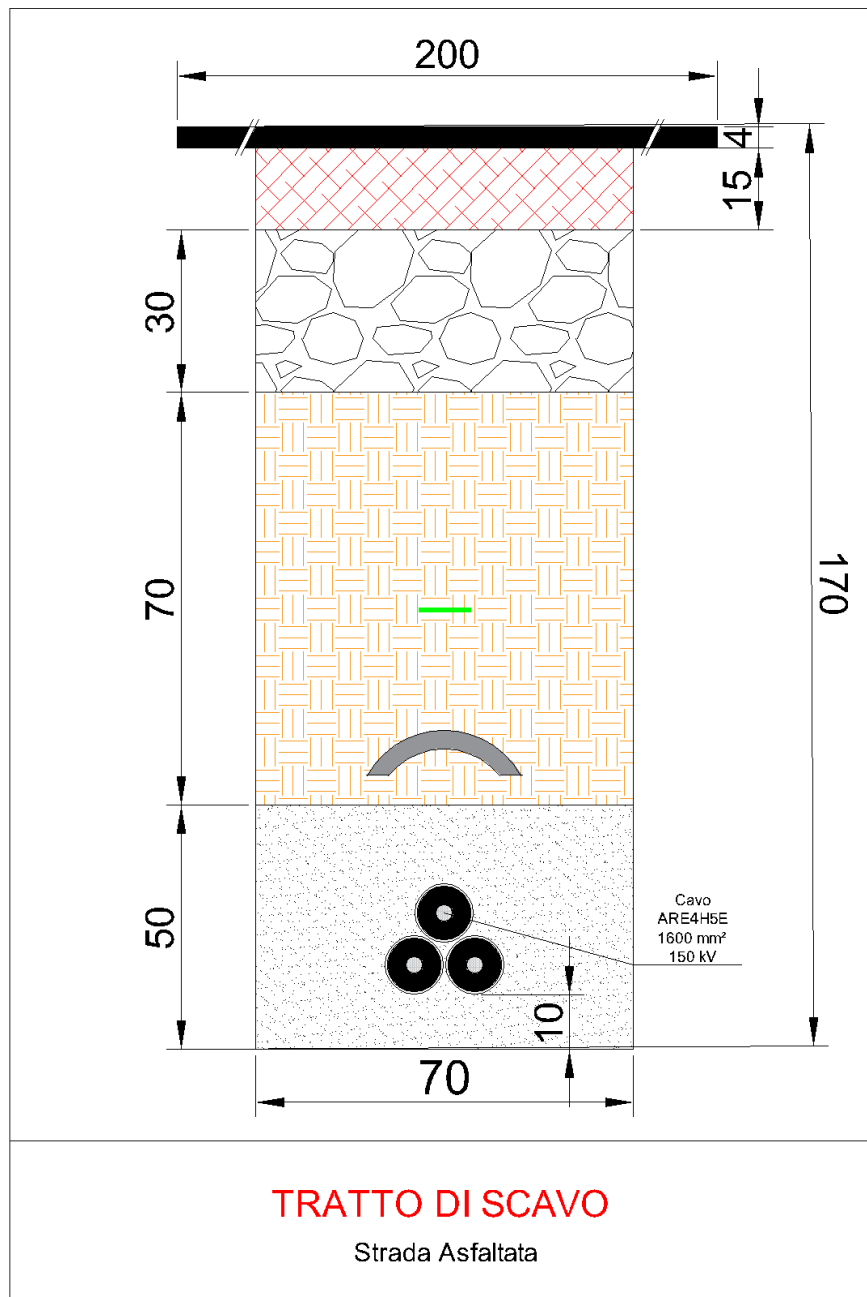


fig. 8 Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per singolo cavidotto in AT.

7. Considerazioni Conclusive

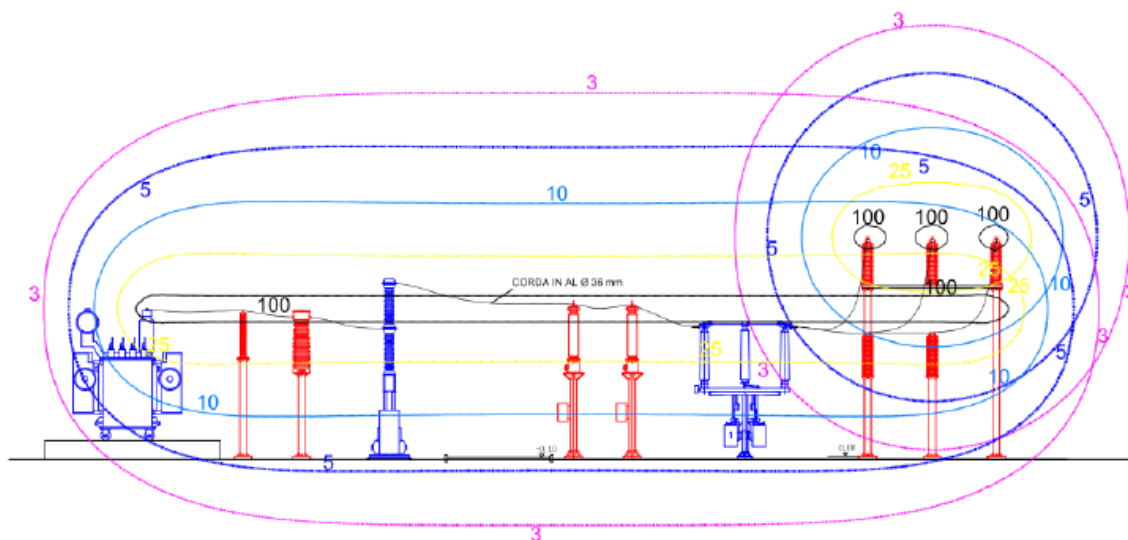
Nel presente documento si è dimostrato che gli unici punti in cui si “può” riscontrare un valore superiore a $3 \mu\text{T}$ è solo in corrispondenza delle cabine dei trasformatori (per un massimo di 4 metri di fascia), che sono in area protetta e chiuse a chiave, e in prossimità del cavidotto MT, entro però una fascia estremamente limitata, e del cavidotto AT, che ha un tratto brevissimo in corrispondenza della SE Terna. Si esclude quindi la presenza di recettori sensibili entro le fasce descritte sopra.

Si soddisfa quindi l’obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

Invece per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5 kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione ben inferiore dell’area di recinzione.

L’obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto ad una distanza di circa 7 m, ben inferiore all’area recintata che ospiterà lo stallo.

SSE UTENTE - ISOLINEE INDUZIONE MAGNETICA - SEZIONE A-A



L’impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.

Documenti collegati:

- Tavola T01 Layout impianto
- Tavola T11 Terre e rocce scavo cavidotti
- Tavola T07 Elettrodotto Mt
- Stmg Terna connessione

Appendice integrazioni

In merito ai chiarimenti richiesti per una valutazione dettagliata dell'impatto magnetico presso le sorgenti:

- Cabina di concentrazione
- Linea elettrica di collegamento tra l'impianto fotovoltaico a terra e la cabina primaria MT/AT presso lo stabilimento Bekaert S.p.a.;
- Cabina Primaria MT/AT presso lo stabilimento Bekaert S.p.a.;
- Impianto fotovoltaico a copertura dello stabilimento Bekaert S.p.a.

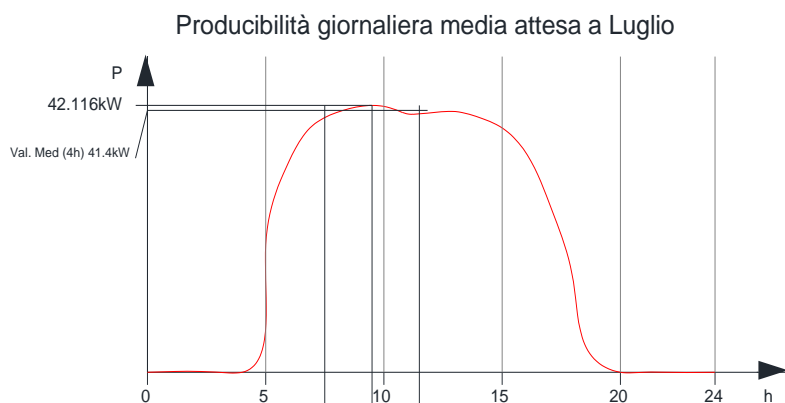
Siamo a chiarire:

Premesso che:

- La condizione di massima potenza generata dal fotovoltaico di una corrente di sorgente di 1260A è un valore, comunque, di picco per pochi gg all'anno (primavera) e per poco tempo (qualche minuto).
- Volendo trovare un valore di corrente plausibile di calcolo ma cmq cautelativa per la salvaguardia delle persone possiamo approcciare due soluzioni:
 - 1) La prima con un calcolo medio sulle 4 Ore di stima di massima produzione del giorno di massima insolazione.
 - 2) La seconda applicando la norma della mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (sempre cautelativamente prendendo il giorno di massima produzione)

1) Calcolo medio sulle 4 Ore

Estraendo la curva di produzione nel giorno di massima radiazione solare (Allegato 1), otteniamo:



Assumiamo quindi come potenza media nelle 4 ore 41.400kW che equivale ad una corrente media di 725A.

2) Calcolo sulla mediana dei Valori

Volendo applicare la mediana anche nel giorno di massima produzione annua risulterebbe:

Statisticamente la tabella Enea della Radiazione solare giornaliera, media mensile, sul piano orizzontale in kWh/m² risulta per luglio alla latitudine di Firenze, 7,11kWh/m²

Avendo previsto l'impiego in installazione di 137.700 pannelli Longi da 605W in "Allegato 2".

Pannello con una superficie netta di captazione 2,382m x 1,134m = 2.7m² ed un'efficienza di 22,4%

Otteniamo:

2,382m x 1,134m x 137700 = 371.954m² superficie captante

371.954m² x 7,11kWh/m² x 22,4% = 592.388kWh nel giorno di massima insolazione

Se questa produzione la consideriamo mediana nelle 24 ore otteniamo 592.388 / 24 = 24.682kWh/h

Con una corrente equivalente di 432A

Delle due ipotesi assumiamo quindi una corrente di calcolo ampiamente cautelativa di 725A.

Andiamo a calcolare tramite la legge di Biot-Savart in modalità inversa le distanze di rispetto a 10μT e 3μT:

$$B=(\mu_0 i)/(2\pi d) [\mu T] \Rightarrow d=(\mu_0 i)/(2\pi B) [m]$$

Otteniamo:

Per fascia 10μT => 14,5 [m]

Per fascia 3μT => 48.3 [m]

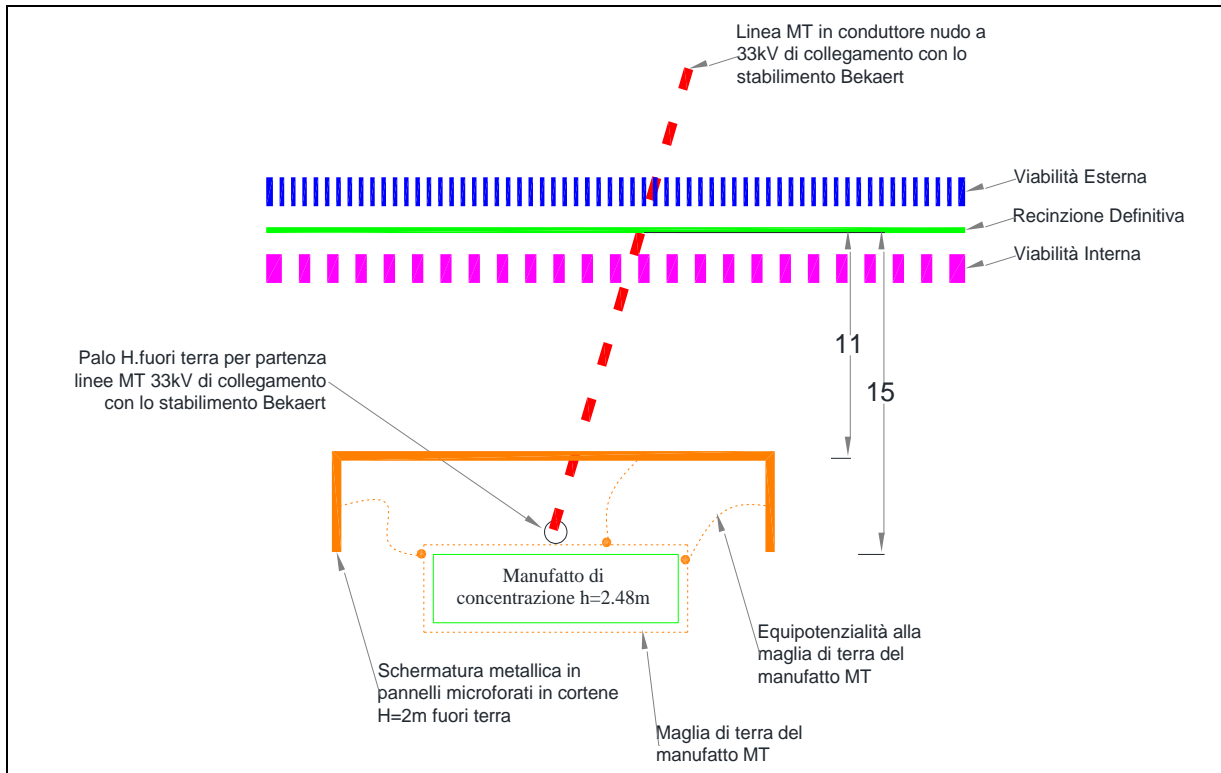
- Cabina di concentrazione:

Non avendo ancora il layout esecutivo dell'organizzazione interna del manufatto, ipotizziamo in via cautelativa la parete esterna come distanza 0 dalla sorgente emettitrice.

Essendo l'area pedonale un'area di transito prevediamo la distanza minima dalla rete di recinzione definitiva di 15m.

In via del tutto cautelativa proponiamo una schermatura metallica H=2m per uno spessore di 3mm in pannelli metallici microforati in Cortene (per ridurre l'impatto visivo), collegati alla maglia di messa a terra del manufatto di concentrazione.

Schermatura da posizionare tra la rete ed il manufatto per tutta la sua estensione così schematizzato:



- Linea elettrica di collegamento tra l'impianto fotovoltaico a terra e la cabina primaria MT/AT presso lo stabilimento Bekaert S.p.a.;

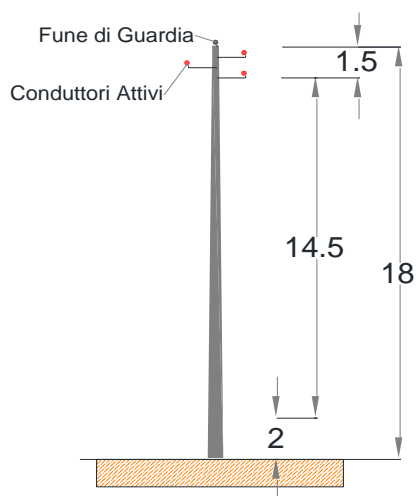
Valutando il dettaglio di percorso che tale linea segue nella connessione tra il parco FV e lo stabilimento, valutiamo che non interferisce con zone sensibili di permanenza persone o altro tale da richiedere particolare attenzione.

Possiamo quindi prendere come distanza di rispetto la fascia $10\mu T \Rightarrow 14,5$ [m]

Il palo di sostegno in partenza linea è previsto di 18m fuori terra.

Se consideriamo la mensola di ammarro linea MT più bassa dal colmo di 1,5m e l'altezza di una persona inferiore ai 2m otteniamo una distanza minima al passaggio sotto la partenza linea di 14.5m.

Và considerata che l'attestazione al palo dal quadro MT interno al manufatto è previsto in cavo MT schermato con la calza collegata anch'essa alla maglia di terra del manufatto.



Anche per tutta la linea aerea di collegamento, considerato i Franchi di tiro linea e per le altezze dei Pali di sostegno si può considerare soddisfatta la condizione della distanza minima di 14,5m dalle persone.

- Cabina Primaria MT/AT presso lo stabilimento Bekaert S.p.a.

Per la valutazione in quest'area dobbiamo tener conto della presenza delle persone nello stabilimento e delle correnti MT generate anche dai trasformatori MT/AT.

La linea MT in arrivo dal FV è laterale alla linea AT e le distanze di rispetto sono ampiamente superiori alle richieste, sia per la non presenza nell'area delle persone sia per il rischio di folgorazione.

Discorso diverso sono le distanze di rispetto dal campo elettromagnetico generato dal lato MT dei Trasformatori MT/AT che sono previsti da 40MVA ONAN / 50MVA ONAF.

Per queste dobbiamo tenere di conto della piena potenza considerati i prelievi possibili dello stabilimento.

Anche se non coincidenti in via cautelativa sommiamo vettorialmente i campi elettromagnetici generati singolarmente dai trasformatori lato MT.

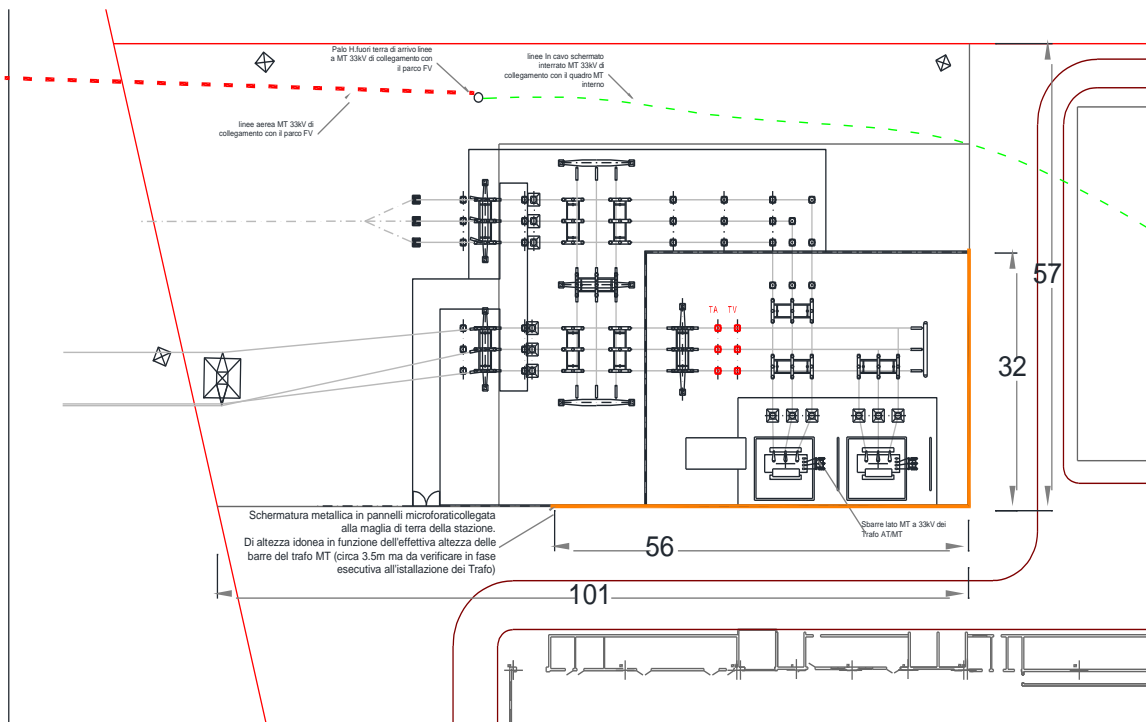
- Con questa considerazione abbiamo una potenza massima di 100MVA con una corrente max di 1751A.

Con queste correnti limite otteniamo:

Per fascia $10\mu T \Rightarrow 35.1$ [m]

Per fascia $3\mu T \Rightarrow 116.7$ [m]

Sicuramente correnti limite di periodo temporaneo, ma viste gli ordini di grandezza sia delle distanze e delle correnti possibili, proponiamo a salvaguardia del personale interno una schermatura.



Scheratura anche in questo caso da eseguirsi con materiale idoneo e di altezza idonea a proteggere lo stabilimento lungo tutto il perimetro del lato tra i traso e lo stabilimento stesso.

Non necessaria dai lati del fiume e dell'arrivo della rete MT del FV in quanto distanze massime già rispettate ampiamente dalla possibilità che ci possa essere presenza di persone.

Anche in questo caso la generazione si limita alla barratura di uscita dei traso, perché le connessioni ai quadri MT sono previste con Cavi MT schermati con calza collegata alla maglia di terra generale.

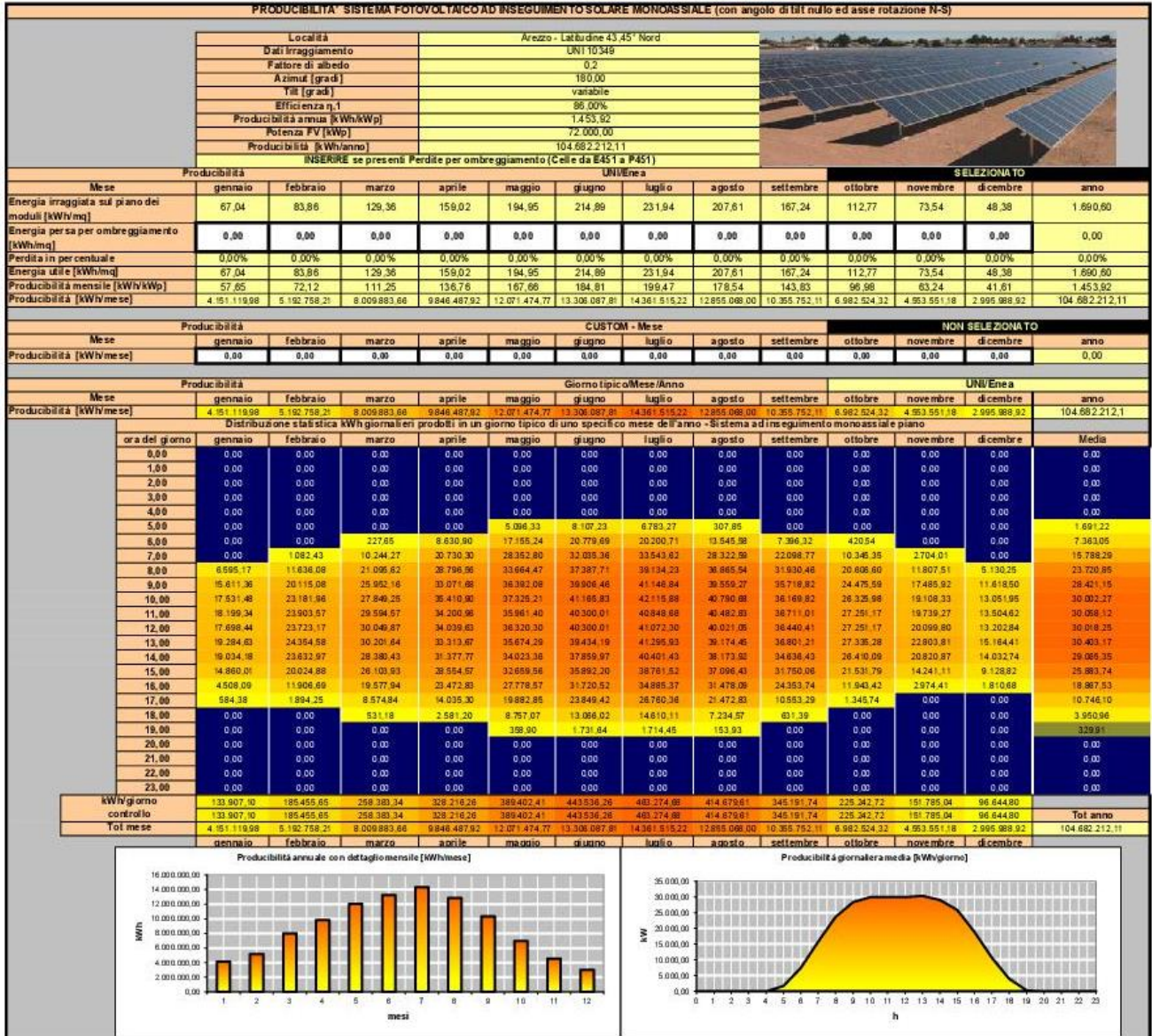
Sarà, comunque, viste le potenze elettriche in gioco, monitorata l'area circostante in condizioni d'esercizio e non si esclude ulteriori interventi qualora fossero necessari per mitigare gli effetti del campo elettrico ed elettromagnetico.

- Impianto fotovoltaico a copertura dello stabilimento Bekaert S.p.a.

L'impianto non è in previsione di realizzazione in questa fase.

Provvederemo eventualmente in futuro a valutarlo al momento della sua progettazione.

Allegato 1: Produzione attesa



Allegato 2: Pannello FV Previsto

Hi-MO 7

LR7-72HGD 590~620M

23.0%
MAX MODULE
EFFICIENCY

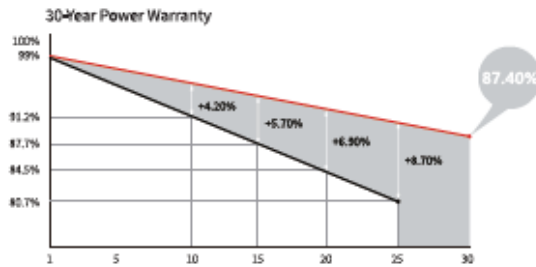
0~3%
POWER
TOLERANCE

<1%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.4%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

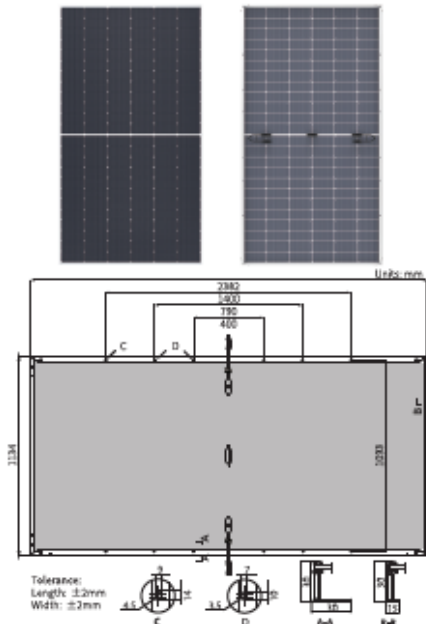
HALF-CELL
Lower operating temperature

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400,-200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm semi-tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	33.5kg
Dimension	2382×1134×30mm
Packaging	36pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 720pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC: AM1.5 1000W/m² 25°C

NOCT: AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR7-72HGD-590M		LR7-72HGD-595M		LR7-72HGD-600M		LR7-72HGD-605M		LR7-72HGD-610M		LR7-72HGD-615M		LR7-72HGD-620M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	590	449.1	585	452.9	600	456.7	605	460.6	610	464.4	615	468.2	620	468.2
Open Circuit Voltage (Voc/V)	50.98	48.45	51.09	48.55	51.20	48.66	51.31	48.76	51.42	48.87	51.53	49.0	51.64	48.97
Short Circuit Current (Isc/A)	14.46	11.62	14.54	11.68	14.62	11.74	14.70	11.80	14.77	11.87	14.85	11.93	14.93	11.93
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	43.17	41.03	43.28	41.13	43.39	41.24	43.50	41.35	43.61	41.45	43.72	41.55	43.83	41.55
Current at Maximum Power (Imp/W)	13.67	10.95	13.75	11.02	13.83	11.08	13.91	11.14	13.99	11.21	14.07	11.27	14.15	11.27
Module Efficiency(%)	21.9		22.0		22.2		22.4		22.6		22.8		23.0	

Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 605W front)

Pmax/W	Voc/V	Isc/A	Vmp/V	Imp/A	Pmax gain
635	51.31	15.43	43.50	14.60	5%
666	51.31	16.17	43.50	15.30	10%
696	51.41	16.90	43.60	15.99	15%
726	51.41	17.64	43.60	16.69	20%
756	51.41	18.37	43.60	17.39	25%

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	80±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.045%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.230%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.280%/°C