

## Regione Lombardia

Provincia di Milano

Comune di Inveruno

Località Via della Repubblica s.n.c.

## PROCEDURA PAS

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "INVERUNO" di potenza nominale pari a 3502,08 kWp e delle relative Opere di rete.  
Moduli in Foglio 12 Particelle 71-72-158-159-163-164-210-261-263

### Coordinate GPS del sito

Latitudine 45.513741° Longitudine 8.889264°

Progettazione:



I tecnici:

Ing. Massimiliano Nunnari

Arch. Sergio Florean

PROPONENTE:

**BIWO RINNOVABILE S.R.L.**

Via Del Lauro, N° 9

Milano (MI)

Elaborato firmato digitalmente

Tavola  Relazione

Relazione tecnica e impatto elettromagnetico

ELABORATO

CODICE ELABORATO

INV1-EL-R-1

366891032

CODICE RINTRACCIABILITA'

DATA  
28/05/24  
REV.  
00

A4

11

CODICE BREVE

FORMATO

SCALA

## Sommario

INTRODUZIONE .....	2
DESCRIZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	3
GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	3
Caratteristiche geometriche e dati meccanici .....	4
STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI.....	5
INVERTER .....	6
CAVIDOTTI CAMPO FV .....	7
SERVIZI AUSILIARI.....	9
STRUMENTI DI MISURA .....	9
CABINE UTENTE E CABINE DI CAMPO .....	9
CABINA DI CONSEGNA.....	10
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....	10
SICUREZZA DELL'IMPIANTO .....	13
PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....	13
PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	14
IMPIANTO DI TERRA .....	14
NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	15

## INTRODUZIONE

Nella presente relazione verranno trattate le tematiche relative ad un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica nel sito di seguito identificato:

**Sito di progetto Località:** Viale della Repubblica, snc

**Comune** Inveruno (MI)

**Coordinate Geografiche del centro impianto:** Lat. 45.513741° e Long. 8.889264°

Il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico della potenza di **3.502,08 kWp** che verrà collegato alla rete di distribuzione mediante realizzazione di una nuova cabina di consegna MT collegata in antenna da cabina primaria AT/MT.

L'impianto fotovoltaico in progetto prevede l'installazione di moduli sollevati da terra, a mezzo di apposite strutture di fissaggio, su un lotto attualmente a destinazione agricola. Verranno utilizzati pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino bifacciali della potenza unitaria di 720 Wp.

L'impianto agrivoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare monoassiale est-ovest. Questo inseguitore monoassiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con una angolazione che garantisce la migliore resa possibile.

L'impianto sarà composto da 4 sottocampi, tre dei quali afferenti ad una cabina di campo e il quarto collegato direttamente alla cabina utente per la trasformazione in MT. La conversione da continua in alternata, sarà effettuata in totale per mezzo di 35 inverter di stringa distribuiti in modo idoneo ad assicurare il miglior funzionamento relativo all'accoppiamento inverter-stringa. L'indicazione della posizione degli inverter indicata negli elaborati grafici potrà variare in fase di progettazione elettrica ed esecutiva. Dalla cabina di campo 1 l'energia viene convogliata nella cabina di campo 2; dalla cabina di campo 2 l'energia si trasmette alla cabina di campo 3. L'energia complessiva arriva quindi sia dalla cabina di campo 3 che dall'ambito 4. L'ultimo passaggio è dalla cabina utente a quella di consegna. Per il collegamento da quest'ultima al punto di connessione alla rete di distribuzione si rimanda al progetto definitivo delle opere di rete e agli elaborati grafici della presente istanza. Il campo agrivoltaico sarà in sintesi così configurato:

	SOTTOCAMPO				
	1	2	3	4	
Numero di moduli FV da 720 Wp	1296	1152	1152	1264	
Numero di Inverter	9	9	8	7	2
Numero stringhe	9	8	9	9	8
Numero di pannelli per stringa	16	16	16	16	16
Superficie complessiva moduli*	4.025,832	3.578,517	3.578,517	3.926,428	

\*modulo singolo di dimensioni pari a 2,384m x 1,303m

Numero totale Inverter = 35

Numero totale Moduli = 4864

Superficie complessiva moduli = 15.109,294 m<sup>2</sup>

## DESCRIZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto agrivoltaico è composto da:

- *Generatore fotovoltaico, costituito da n° 4864 moduli fotovoltaici completi di cablaggi elettrici di potenza nominale unitaria pari a 720 W;*
- *Strutture di sostegno moduli fotovoltaici – inseguitori monoassiali (Tracker)*
- *N.35 Inverter SMA, modello SUNNY HIGHPOWER PEAK3 SHP 100-21*
- *Impianto elettrico costituito da:*
  - Cavi elettrici in BT per il collegamento delle stringhe all'inverter
  - Collegamento BT tra l'inverter e la cabina di campo;
  - Collegamenti MT tra cabine di campo;
  - Collegamento MT tra cabina di campo 3 e la cabina utente;
  - Collegamento MT tra cabina utente e cabina di consegna;
- *N.3 cabine di campo contenenti il quadro bt di parallelo Inverter, quadro bt ausiliari, trasformatore BT\MT.*
- *Cabina Utente contenente gli scomparti MT di arrivo line da cabine di campo e il quadro generale MT utente per le protezioni a norma CEI 0-16.*
- *Cabina di consegna del tipo DG 2061*

## GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico è l'elemento che trasforma l'energia solare in energia elettrica: esso rappresenta dunque il primo elemento del campo fotovoltaico. I moduli scelti per la realizzazione del progetto sono in silicio monocristallino e risultano conformi alle seguenti norme ISO e IEC:

- IEC61215(2016);
- IEC61730(2016);

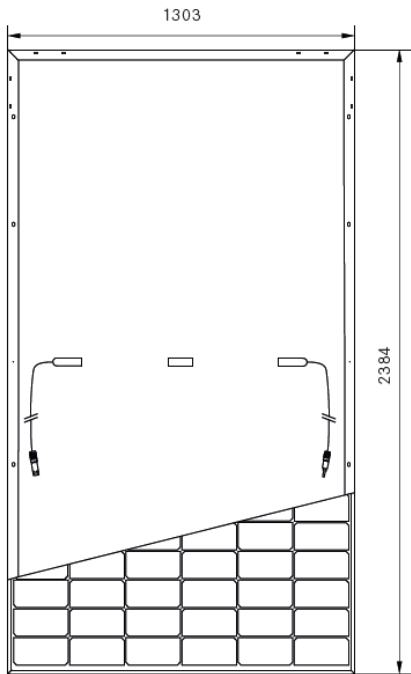
Le caratteristiche dei moduli di progetto sono le seguenti:

- Marca: **Luxor**
- Modello: **ECO LINE N TYPE HJT GLASS-GLASS BIFACIAL. M132**
- Potenza Nominale: **720 Wp**

## Caratteristiche geometriche e dati meccanici

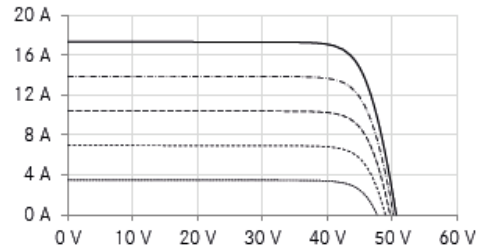
Nelle figure successive si riportano la vista anteriore del modulo di progetto ed ulteriori dati estratti dalla scheda tecnica del prodotto.

Back - / Frontview<sup>3,4</sup>

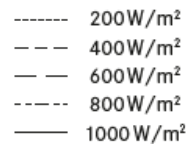
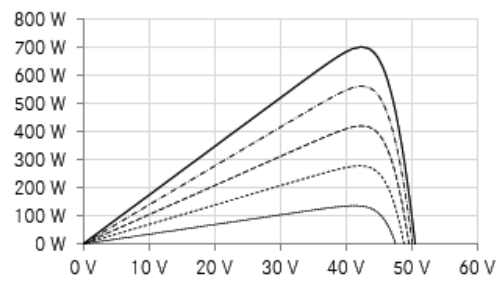


## Electrical characteristics

UI -diagram e.g. 700 Wp



UP - diagram e.g. 700 Wp



## Dati tecnici:

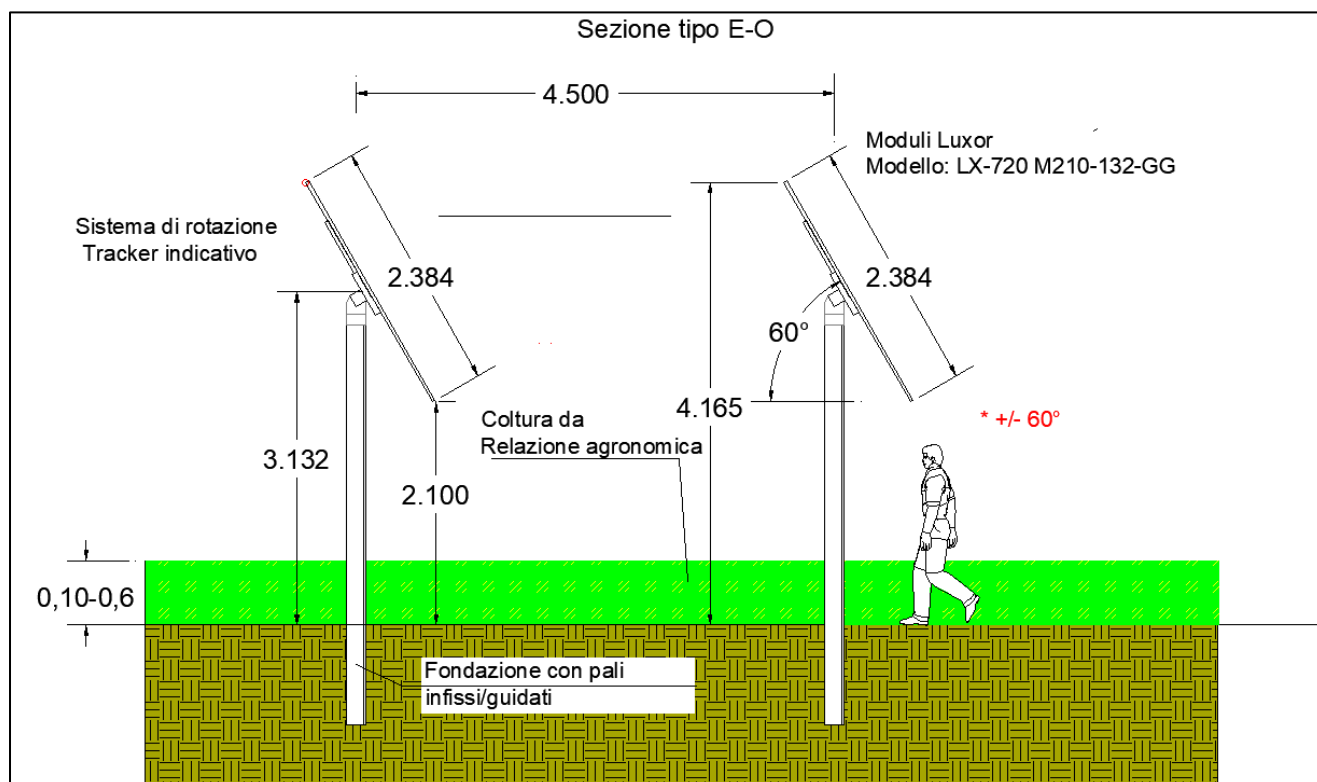
Module type	LX - XXX M/210-132+ GG   XXX = Rated power Pmpp				
<b>Electrical data at STC</b>					
Rated power Pmpp [Wp]	700.00	705.00	710.00	715.00	720.00
Pmpp range to	706.49	711.49	716.49	721.49	726.49
Rated current Impp [A]	16.29	16.34	16.39	16.44	16.49
Rated voltage Vmpp [V]	43.00	43.17	43.34	43.51	43.68
Short-circuit current Isc [A]	17.33	17.38	17.44	17.49	17.54
Open-circuit voltage Uoc [V]	50.59	50.79	50.99	51.19	51.39
Efficiency at STC up to	22.74%	22.90%	23.07%	23.23%	23.39%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	22.32%	22.48%	22.64%	22.80%	22.96%
<b>Electrical data at NOCT</b>					
Power at Pmpp [Wp]	533.12	536.93	540.74	544.54	548.35
Rated current Impp [A]	13.14	13.18	13.22	13.26	13.30
Rated voltage Vmpp [V]	40.58	40.75	40.91	41.07	41.24
Short-circuit current Isc [A]	13.97	14.02	14.06	14.10	14.14
Open-circuit voltage Uoc [V]	46.69	46.89	47.09	47.29	47.49

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000W/m<sup>2</sup> | module temperature 25°C | Air Mass = 1.5  
 NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800W/m<sup>2</sup> | wind speed 1 m/sec | ambient temperature 20°C |  
 cell operating temperature 45 +/-2°C | Air Mass = 1.5

## STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

L'impianto agrivoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare monoassiale est-ovest. Questo inseguitore monoassiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con una angolazione che garantisce la migliore resa possibile. In linea generale i tracker sono capaci di migliorare fino al 25% la produzione energetica di un parco fotovoltaico. Tra i punti di forza si segnalano: installazione senza necessità di attrezzature speciali, compatibile con tutti i tipi di impianti fotovoltaici; manutenzione facilmente eseguibile.

Attraverso software dedicato è possibile gestire i tracker per ottimizzare la resa dell'impianto e controllare in tempo reale tutte le funzioni principali, riducendo così i costi di manutenzione e i rischi di guasti. I pannelli fotovoltaici verranno fissati su supporti in elevazione costituiti da profili di carpenteria in alluminio o in acciaio (sottoposti a trattamento anticorrosivo di zincatura a caldo prima della posa in opera). Le travi servono a supportare i moduli mentre i montanti sono infissi nel terreno svolgendo una funzione di fondazione. Non verrà pertanto fatto uso di plinti o di getti di cemento e non verranno realizzati sbancamenti per la posa dei portali. I profili saranno infissi/guidati nel terreno per una profondità da valutare in fase esecutiva.



La distanza minima del modulo dal terreno è quindi 2,1 m.

La struttura di sostegno ed il relativo ancoraggio saranno dimensionati in modo da rispondere alle caratteristiche strutturali definite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni mentre i carichi agenti sui portali saranno: peso proprio (Ppp); neve (Pn); vento (Pv); sisma; temperatura. I carichi vengono combinati secondo quanto previsto dalla normativa vigente per il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle strutture. L'impostazione data è tale da rendere la superficie del terreno sottostante i moduli sempre accessibile.

## INVERTER

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata effettua la conversione della forma d'onda elettrica, da continua in alternata, trasferendo la potenza del generatore fotovoltaico alla rete del distributore. Per il presente progetto verranno utilizzati n° 35 inverter di stringa trifase. Il prodotto scelto è della SMA ed il modello scelto nello specifico è denominato *Sunny Highpower SHP100-21-PEAK3*



L'inverter consente una progettazione efficiente degli impianti e una riduzione dei costi specifici delle centrali fotovoltaiche. Questa apparecchiatura ed il suo sistema di raffreddamento assicurano un funzionamento senza problemi anche a temperature ambiente estreme (ambienti desertici e salini), nonché un lungo ciclo di vita. Le posizioni degli inverter, indicate nelle planimetrie, sono suscettibili di modifiche legate alla progettazione elettrica esecutiva. Di seguito i principali dati estratti dalla scheda tecnica del prodotto.

Dati tecnici	Sunny Highpower 100-21	Sunny Highpower 150-21
<b>Ingresso (CC)</b>		
Potenza max del generatore fotovoltaico	200 kWp	300 kWp
Tensione di ingresso max	1100 V	1500 V
Range di tensione MPP / Tensione nominale d'ingresso	590 V a 1000 V / 590 V	880 V a 1450 V / 880 V
Tensione CC min. / Tensione d'avviamento	570 V / 625 V	855 V / 940 V
Corrente d'ingresso max / Corrente di cortocircuito max	180 A / 325 A	
Numero di inseguitori MPP indipendenti	1	
Numero d'ingressi	1 o 2 (opzionale) per quadri di campo esterni	
<b>Uscita (CA)</b>		
Potenza nominale alla tensione nominale	100 kW	150 kW
Potenza apparente CA max	100 kVA	150 kVA
Tensione nominale CA / Range di tensione CA	400 V / 177 V a 477 V	600 V / 480 V a 690 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 66 Hz	
Frequenza di rete nominale	50 Hz	
Corrente d'uscita max	151 A	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile	1 / Da 0 induttivo a 0 capacitivo	
Distorsione armonica totale (THD)	< 0,5 %	
Fasi di immissione / Collegamento CA	3 / 3-PE	
<b>Grado di rendimento</b>		
Grado di rendimento max / grado di rendimento europeo	98,8 % / 98,5 %	99,1 % / 98,8 %
<b>Dispositivi di protezione</b>		
Monitoraggio della dispersione verso terra / Monitoraggio della rete / Protezione contro l'inversione della polarità CC	● / ● / ●	
Resistenza ai cortocircuiti CA / Separazione galvanica	● / -	
Unità di monitoraggio correnti di guasto sensibile a tutti i tipi di corrente	●	
Scaricatori di sovratensioni (tipo II) CA/CC controllati	● / ●	
Classe di isolamento (secondo IEC 62109-1) / Categoria di sovratensione (secondo IEC 62109-1)	I / CA: III; CC: II	

<b>Dati generali</b>	
Dimensioni (L x A x P)	770 mm / 830 mm / 462 mm (30,3" / 32,7" / 18")
Peso	99 kg (218 lb)
Range di temperatura di funzionamento	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Rumorosità, valore tipico	69 dB(A)
Autoconsumo (notturno)	< 5 W
Topologia	Senza trasformatore
Principio di raffreddamento	OptiCool, raffreddamento attivo, ventole a regime controllato
Grado di protezione (secondo IEC 60529)	IP65
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (senza condensa)	100%
<b>Dotazione / Funzione / Accessori</b>	
Collegamento CC / Collegamento CA	Capocorda (fino a 300 mm <sup>2</sup> ) / Morsetto (fino a 150 mm <sup>2</sup> )
Indicatori LED (stato / errore / comunicazione)	●
Interfaccia Ethernet	● (2 porte)
Interfaccia dati: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire	● / ● / ●
Tipo di montaggio	Montaggio su telaio
OptiTrac / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Idoneità off-grid / Compatibile con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Garanzia: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 anni	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○
Certificati e omologazioni (in attesa)	IEC/EN 62109-1/2, VDE-AR-N 4110/4120, IEC 62116, IEC 61727, EN 50549, C10/11, CEI 0-16, G99/1 (>16A), PO 12.3, ABNT NBR 16149
Denominazione del tipo	SHP 100-21                      SHP 150-21

● Dotazione di serie   ○ Opzionale   – Non disponibile   Dati riferiti alle condizioni nominali   Aggiornamento dati: 03/2023

Agli inverter potrà essere collegato un sistema di monitoraggio o supervisione finalizzato a monitorare il corretto funzionamento e la resa dell'impianto. A tal fine verrà predisposto un collegamento in rete mediante porta dedicata per seguire: la trasmissione dei parametri di corretto funzionamento, le anomalie, i guasti e la produzione. Il monitoraggio serve a tener sotto controllo dati quali: corrente di stringa, stato dei fusibili di stringa, temperature interna, lettura da sensori esterni, stato della protezione di sovratensione. Tutto ciò permette dunque di conoscere lo stato di funzionamento e il quantitativo di energia prodotta in ogni momento consentendo inoltre di archiviare i dati raccolti in modo da consentire successive elaborazioni.

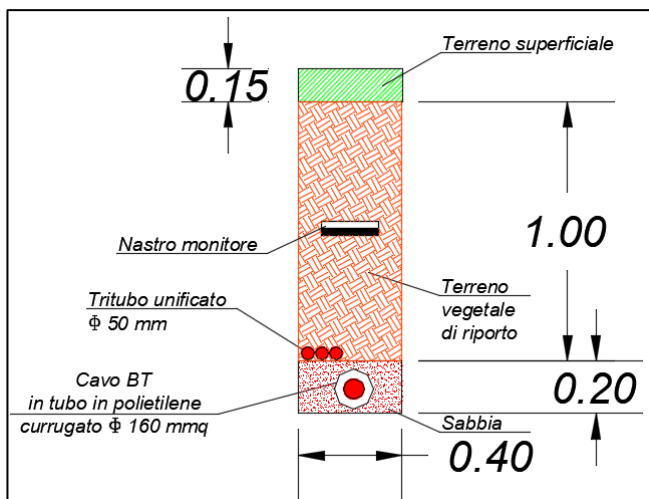
## CAVIDOTTI CAMPO FV

I criteri adottati nella posa dei cavidotti all'interno del campo fotovoltaico saranno i seguenti:

- Contenere, per quanto possibile, la lunghezza del tracciato riducendo al massimo il movimento terra
- sfruttare la viabilità di progetto dell'impianto fotovoltaico

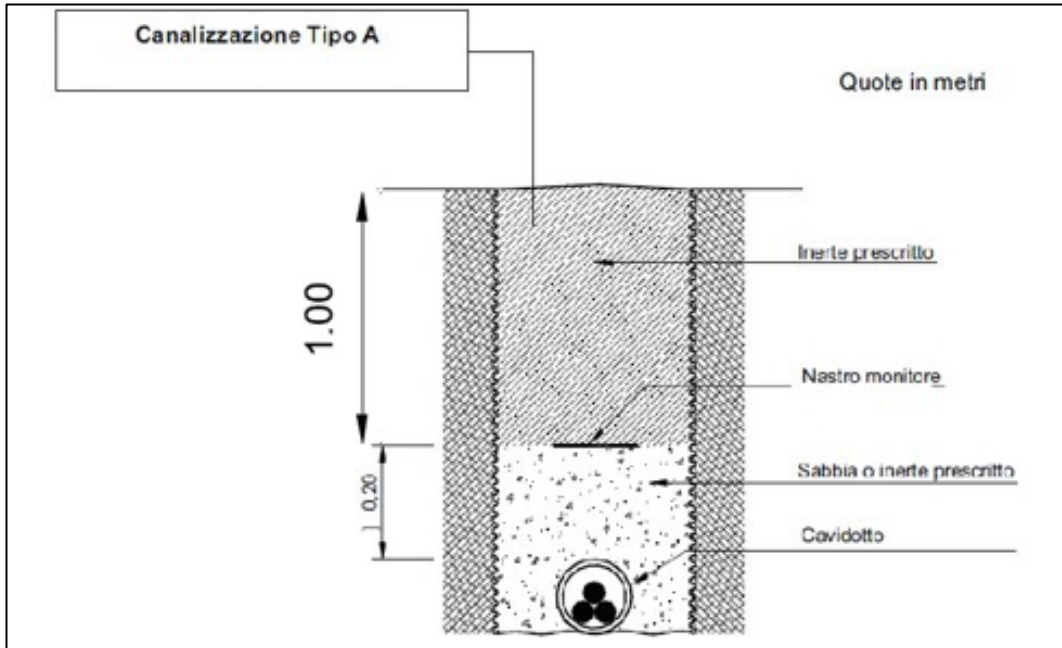
All'interno del campo fotovoltaico saranno presenti cavidotti BT a servizio di moduli ed inverter e cavidotti MT.

sezione tipo cavidotto BT:

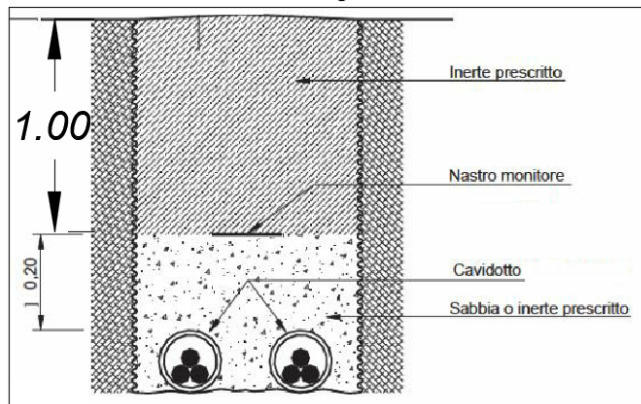




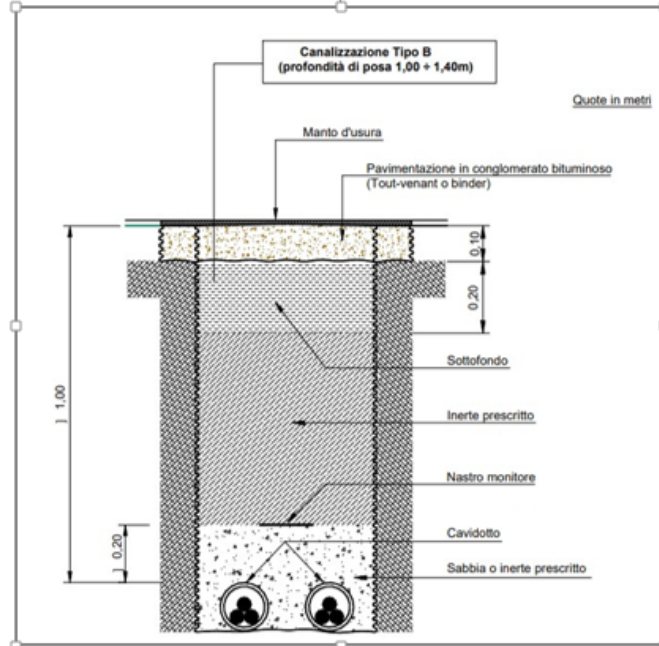
Sezioni tipo cavidotti MT più usuali:



*Cavidotto MT su terreno agricolo o strada sterrata*



*Cavidotto MT su strada Asfaltata*



## SERVIZI AUSILIARI

L'impianto avrà anche dei servizi ausiliari composti essenzialmente dalle apparecchiature elettriche proprie alle cabine, quelle necessarie alla sorveglianza e al monitoraggio del parco stesso.

Le principali apparecchiature da alimentare nelle cabine sono: illuminazione, monitoraggio impianto, ventilazione trasformatori, UPS, servizi inverter, telecamera per TVCC, sensori antifumo, antiallagamento e antintrusione. Per quanto riguarda la sorveglianza verranno installate diverse telecamere fisse che sorvegliano il perimetro dell'impianto. Inoltre, si valuterà l'ipotesi di installare telecamere di tipo DOM a sorveglianza dell'intero impianto. La protezione perimetrale include anche sistema antintrusione con sensori a micro-onde e infrarosso (opzionale) o eventuali altri sistemi con tecnologie diverse. Verranno valutate eventuali installazioni di stazioni meteo, composte da: un anemometro (misura della velocità del vento).

## STRUMENTI DI MISURA

Un impianto fotovoltaico collegato deve avere uno o più gruppi di misura per contabilizzare l'energia scambiata (sia prelevata, sia immessa) con la rete del Distributore. Nel caso in cui il cliente produttore richieda che l'attività d'installazione e manutenzione del sistema di misura dell'energia elettrica scambiata con la rete sia svolta dall'Ente Distributore, verranno utilizzati i componenti unificati dell'ente stesso.

In particolare, in parallelo alla rete e necessario misurare l'energia fotovoltaica immessa in rete, mentre a discrezione del produttore è possibile inserire dei gruppi di misura per la rilevazione dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico o per l'energia necessaria ai vari servizi ausiliari del campo fotovoltaico, in base all'esigenze di monitoraggio e controllo dell'impianto stesso.

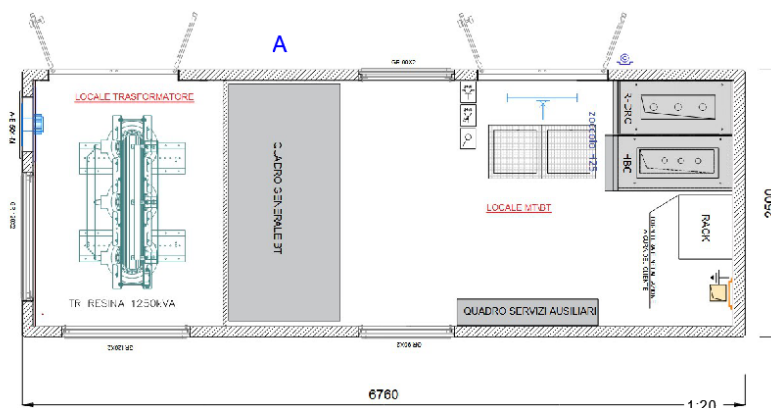
Il gruppo di misura necessario al rilevamento dell'energia sia immessa che prelevata dalla rete si troverà nel vano misure della cabina di consegna di E-distribuzione e quindi nel punto di confine tra l'impianto di proprietà del produttore e la rete del distributore (E-distribuzione).

Altri gruppi di misura potranno essere inseriti a discrezione del produttore in base alle esigenze di monitoraggio e controllo dell'impianto stesso.

## CABINE UTENTE E CABINE DI CAMPO

Nella cabina utente, all'interno del campo, alloggeranno gli scomparti MT di arrivo campi e tutte le apparecchiature di controllo/allarme/supervisione oltre ai dispositivi di protezione a norma CEI 0-16.

Nella cabina saranno presenti anche i quadri elettrici per l'alimentazione dei servizi di centrale.

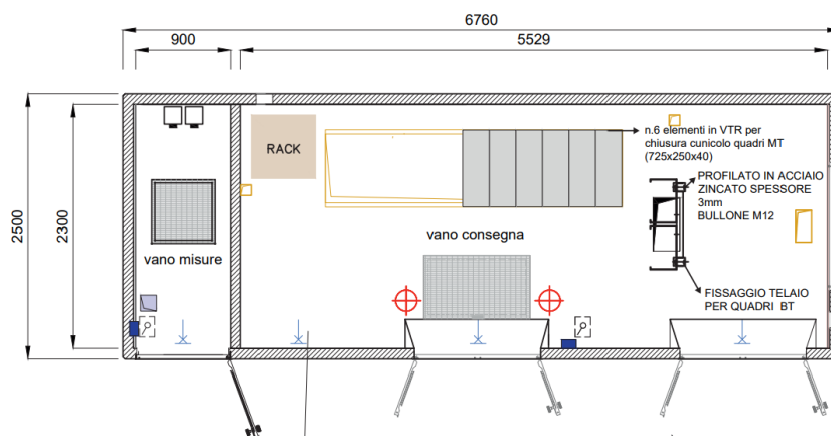


L'installazione della cabina è estremamente semplificata. In generale le operazioni da eseguire per l'installazione sono: pulizia superficiale ; scavo fino ad una profondità stabilita in fase esecutiva; getto di una minima platea in c.a. con rete elettrosaldata o armata in modo da garantire il livellamento e supportare gli elementi prefabbricati e le apparecchiature elettriche (spessori cls, tipologia cls, dimensioni armatura rimangono da definire quindi in fase esecutiva); successivo rinterro lungo il perimetro con il terreno (sabbia e/o ghiaia) proveniente dagli sbancamenti.

**Le cabine di campo presentano le stesse dimensioni, gli stessi ingombri, gli stessi volumi e le stesse modalità di posa viste per la cabina utente pertanto, ai fini autorizzativi, sono state inglobate insieme alla cabina Utente nell'elaborato n.9.** Se necessario, prima dell'inizio dei lavori, verranno trasmesse all'Ente le specifiche tecniche di queste cabine, con i particolari delle disposizioni interne, che potranno essere oggetto di revisione in fase di progettazione elettrica esecutiva.

### CABINA DI CONSEGNA

La *cabina di consegna* viene allestita per convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico. Il cavedio ospita in ingresso i cavi provenienti dalla cabina di Utente e in uscita quelli che si dirigono verso il punto di connessione MT.



La cabina di consegna è un prefabbricato assemblato nello stabilimento, modello DG 2061 Rev.9 che verrà montata su fondazioni gettate in opera. L'installazione è estremamente semplificata, si rendono necessarie le operazioni di: pulizia superficiale ; scavo fino ad una profondità stabilita in fase esecutiva; getto di una minima platea in c.a. con rete elettrosaldata o armata in modo da garantire il livellamento e supportare gli elementi prefabbricati e le apparecchiature elettriche (spessori cls, tipologia cls, dimensioni armatura rimangono da definire quindi in fase esecutiva); successivo rinterro lungo il perimetro con il terreno (sabbia e/o ghiaia) proveniente dagli sbancamenti.

### DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Il progetto prevede la realizzazione di un **impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica** da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica nel Comune di Inveruno (MI) **completamente integrato con la produzione agricola sotto i moduli e tra le file dei tracker in modo da massimizzare i raccolti.**

Sito di progetto **Località:** Viale della Repubblica, snc

Comune **Inveruno (MI)**

Coordinate Geografiche del centro impianto: **Lat. 45.513741° e Long. 8.889264°**

Particelle Catastali area di impianto: **foglio 12 particelle: 71 - 72 - 158 - 159 - 163 - 164 - 210 – 261 e 263**

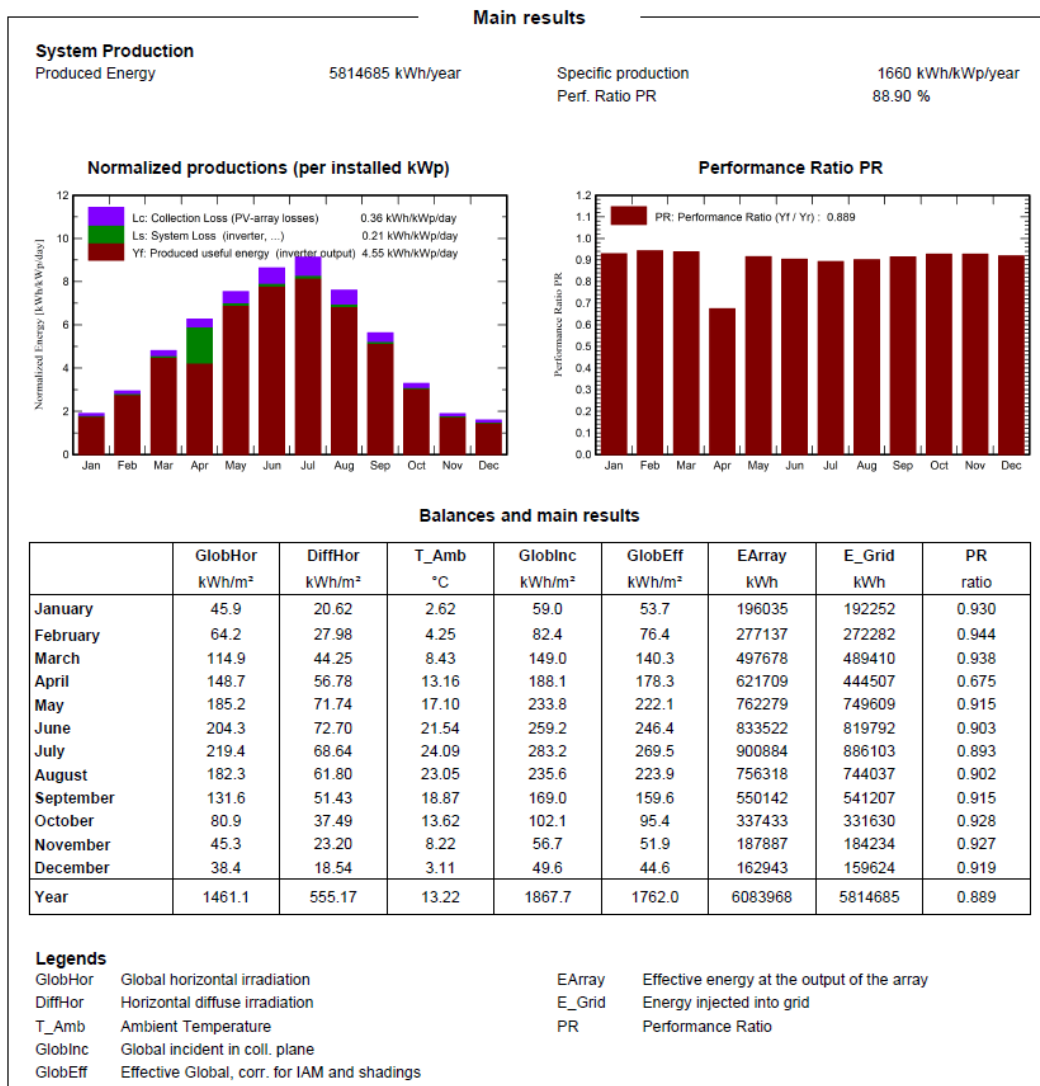
Particelle catastali linea MT di consegna: Progetto definitivo delle opere di rete.

Il progetto prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico della potenza del generatore pari a **3502,08kWp**.

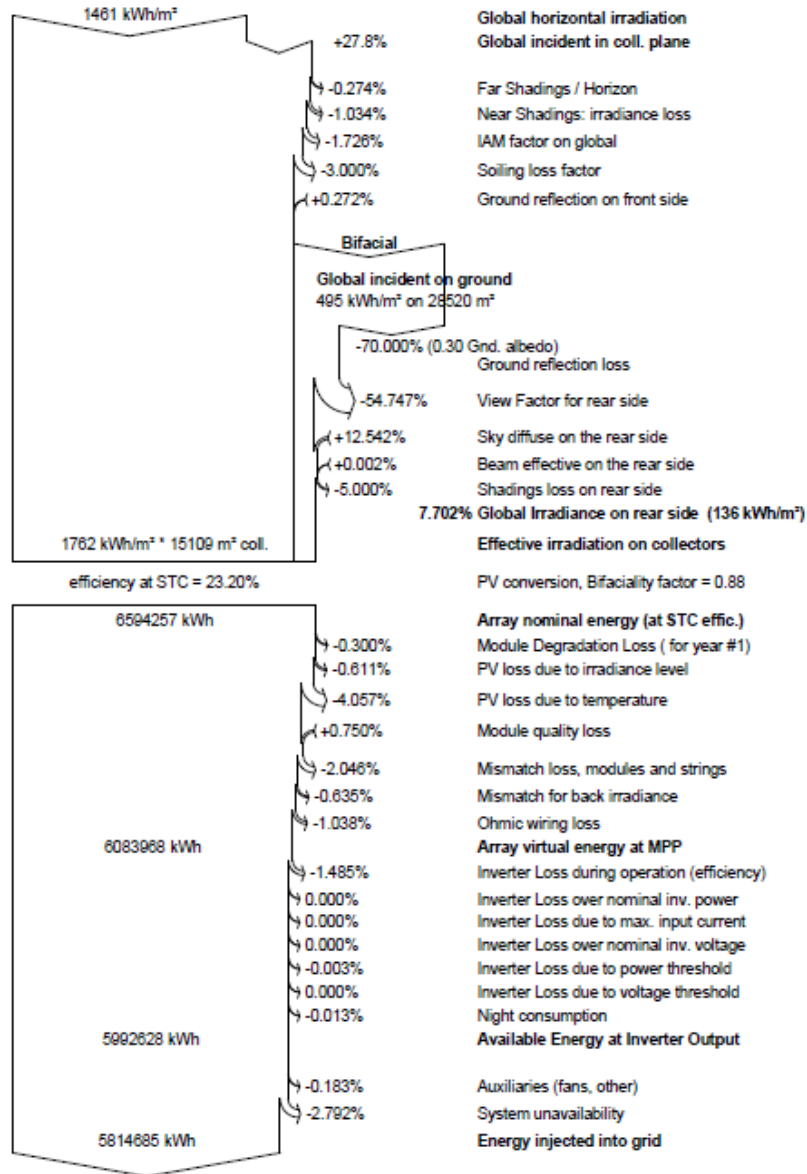
L’analisi della risorsa energetica e della relativa producibilità è stata eseguita tramite software PVsyst 7.4.6 (Dati meteo di simulazione: Furato PVGIS-SARAH2 averages 01/01/05 to 31/12/20 - Sintetico) che ha condotto ai seguenti risultati:

- Produzione sistema: 5814685 kWh/anno
- Produzione specifica: 1.660 kWh/kWp/anno

Si riportano quindi alcuni grafici riepilogativi di quanto elaborato. Si specifica che in fase di progettazione esecutiva i dati di irraggiamento e quelli relative alle perdite potranno essere oggetto di modifiche.



### Loss diagram



## P50 - P90 evaluation

### Weather data

Source GIS-SARAH2 averages 01/01/05 to 31/12/20  
Kind Monthly averages  
Sintetico - Multi-year average  
Year-to-year variability(Variance) 4.1 %

### Specified Deviation

Climate change 0.0 %

### Global variability (weather data + system)

Variability (Quadratic sum) 4.5 %

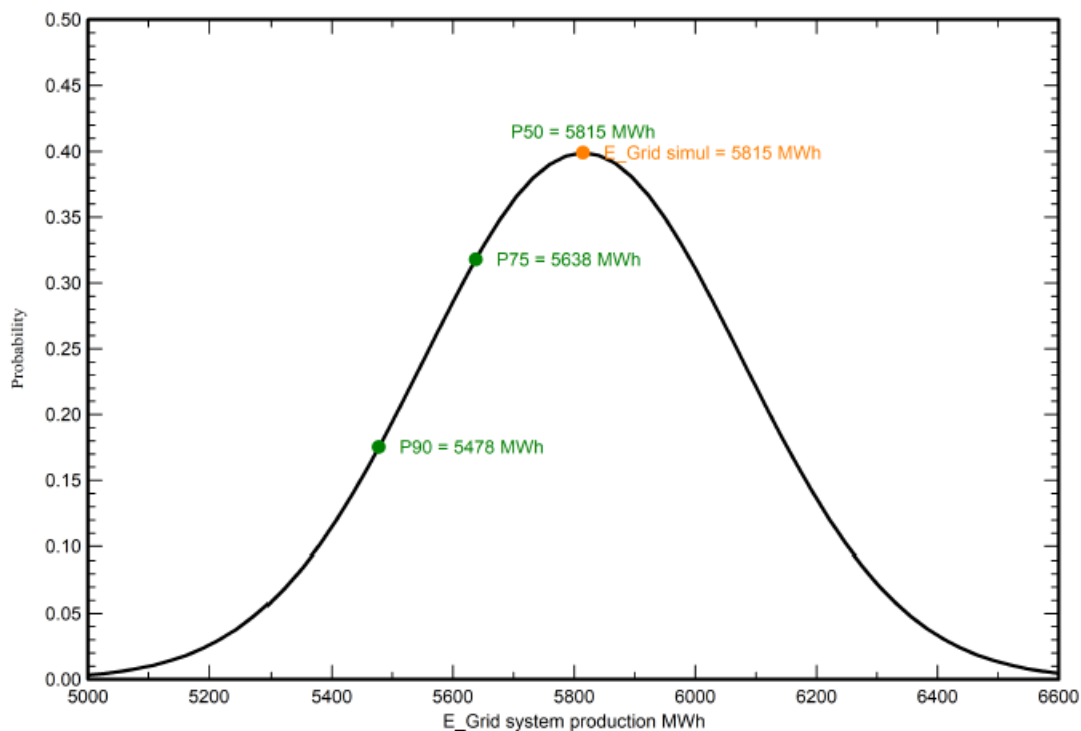
### Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters 1.0 %  
Inverter efficiency uncertainty 0.5 %  
Soiling and mismatch uncertainties 1.0 %  
Degradation uncertainty 1.0 %

### Annual production probability

Variability 263 MWh  
P50 5815 MWh  
P75 5638 MWh  
P90 5478 MWh

### Probability distribution



## SICUREZZA DELL'IMPIANTO

Per garantire la sicurezza dell'impianto, la scelta di base è quella di adottare come soluzioni impiantistiche quelle già fornite dalle case costruttrici di ogni singolo componente integrando, laddove necessario e/o previsto dalle norme di settore, dispositivi specifici previa opportuna verifica.

Quanto indicato vale per:

- la Protezione lato c.c. anche per contatti accidentali e corti circuiti;
- La protezione sul lato c.a. dell'impianto;
- La Protezione da fulminazioni;
- L'impianto della messa a terra.

Detti dispositivi integrativi verranno individuati nella fase di progettazione elettrica esecutiva.

## PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione dai contatti diretti sarà conseguita con l'impiego di materiali e dispositivi idonei a garantire un adeguato isolamento e quindi a minimizzare il rischio di contatto diretto delle persone con parte attive dei circuiti.

È prevista l'adozione di adeguate misure di protezione dai contatti diretti anche per le operazioni di manutenzione dell'impianto, ad esempio con isolamento delle parti attive con idonei schermi o involucri isolanti.

#### PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale.

I metodi di protezione contro i contatti indiretti sono classificati come segue:

- 1) protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- 2) protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- 3) alimentazione a bassissima tensione;

La protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione e richiesta quando a causa di un guasto, si possono verificare sulle masse tensioni di contatto di durata e valore tali da rendersi pericolose per le persone.

Le prescrizioni da ottemperare per conseguire la protezione contro i contatti indiretti sono stabilite dalle norme CEI 64-8 per gli impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua e dalle Norme CEI 11-8 per gli impianti utilizzatori in media e in alta tensione.

#### IMPIANTO DI TERRA

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe sono costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di bypass e di protezioni contro le sovratensioni.

La parte in corrente alternata sarà gestita con un sistema TN-S per cui l'impianto di messa a terra è unico per l'intero impianto, costituito da una treccia di rame nudo interrata di sezione adeguata non inferiore a 35 mmq per la parte in MT. L'impianto di messa a terra è realizzato in conformità con le seguenti norme: Norma CEI 64-8 per impianti BT e Norma CEI 11-1 per impianti MT.

Per quanto riguarda l'impianto di messa a terra della cabina di consegna, utente e trasformazione, questo è costituito da una parte interna di collegamento fra le diverse installazioni elettromeccaniche e da una parte esterna costituita da elementi disperdenti, anch'essa collegata al rimanente impianto di terra. Ogni massa presente in cabina, come anche lo schermo dei cavi MT del Distributore deve essere connesso all'impianto di terra. L'impianto di messa a terra delle cabine verrà sviluppato direttamente nell'ambito della realizzazione del manufatto civile.

In ogni caso l'impianto di messa a terra deve essere tale da assicurare il rispetto dei limiti delle tensioni di passo e di contatto previsti dalla norma CEI 11-1.

## NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- D.M. 37/08 Regolamento di attuazione della legge n.248 del 02/12/2005.
- Dm 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 0-16 edizione 2019: “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica” ;
- CEI EN 61936-1 (Classificazione CEI 99-2): impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- CEI 11-17: “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica  
- Linee in cavo”
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI 20-19 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20 Cavi isolati con PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- CEI 81-10/1/2/3/4 Protezione contro i fulmini.
- CEI 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 81-10 Parte 2 Valutazione del rischio.
- CEI EN 60099-1-2 Scaricatori.
- CEI EN 60439-1-2-3 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione.
- CEI EN 60445 Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione.  
- “Guida per le Connessioni alla rete elettrica di E-Distribuzione” ;
- Norme UNI/ISO: Per le strutture di supporto
- Norme CEI/IEC: Per i moduli fotovoltaici

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.



Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.

Si applicano inoltre per quanto compatibili con le norme elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

Per ogni ulteriore specifica d'impianto si rimanda agli elaborati di progetto

## Sommario

1) INTRODUZIONE .....	2
2) EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE INDOTTE DAGLI ELETTRODOTTI A SERVIZIO DELL'IMPIANTO.....	2
3) DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	3
4) CAMPI ELETTROMAGNETICI RELATIVI AL CAMPO FOTOVOLTAICO .....	6
5) CAMPI ELETTROMAGNETICI RELATIVI AGLI INVERTER.....	6
6) ELETTRODOTTI DI MEDIA TENSIONE .....	6
7) CABINE ELETTRICHE BT/MT .....	8
8) NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	10
Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001" .....	10
D.P.C.M. "08 Luglio 2003" .....	10
D.M. AMBIENTE "29 maggio 2008" .....	12

## 1) INTRODUZIONE

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dall'impianto fotovoltaico di potenza di emissione massima di **3502,08 kWp** da realizzare nel Comune di Inveruno (MI). Gli apparati elettrici considerati nella presente analisi sono:

- Campo Fotovoltaico;
- Inverter;
- Le cabine in cui avviene la trasformazione bt/MT;
- Gli elettrodotti di media tensione (MT);

in quanto sorgenti di campo magnetico a bassa frequenza (ELF). Dal punto di vista fisico l'effetto elettromagnetico prodotto dalle onde è determinato dall'ampiezza e dai valori di frequenza che le caratterizzano. Detti valori sono di particolare rilevanza nell'ambito della tutela della salute per i diversi effetti che generano dal punto di vista biologico sull'uomo. È giusto distinguere tra:

- radiazioni ionizzanti: le onde con frequenza altissima, superiore a 3 milioni di GHz e dotate di energia sufficiente per ionizzare la materia;
- radiazioni non ionizzanti (NIR): Le onde con frequenza inferiore a 3 milioni di GHz, non generano ionizzazione tale da ionizzare la materia. In base alla frequenza di emissione si parla di:
  - campi elettromagnetici a bassa frequenza o ELF: (0 -300 Hz), le cui sorgenti più comuni comprendono ad esempio gli elettrodotti e le cabine di trasformazione.
  - campi elettromagnetici ad alta frequenza o a radiofrequenza RF: (300 Hz -300 GHz), le cui sorgenti principali sono da attribuire a sorgenti tipo radar ed impianti di telecomunicazione, con annesse stazioni di trasmissioni tipo antenne e quant'altro.

## 2) EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE INDOTTE DAGLI ELETTRODOTTI A SERVIZIO DELL'IMPIANTO

### CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico risulta in generale ridotto. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati, nelle varie prove eseguite, difatti praticamente nulli, per l'effetto schermante dato dalle guaine presenti a protezione dei cavi e dal terreno sovrastante i cavi interrati.

### CAMPO MAGNETICO

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano: sulla riduzione della distanza tra le fasi sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo; sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate; sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano essere notevolmente abbattuti grazie all' interrimento degli elettrodotti. Questi vengono posti in profondità e sono composti da:

- un conduttore cilindrico
- una guaina isolante,
- una guaina conduttrice;
- un rivestimento produttivo.

Con i cavidotti interrati si possono avere problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva che corrisponde alla produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione.

Per ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico si tende ad usare "linee compatte", dove i cavi (isolati con delle membrane isolanti) vengono avvicinati tra di loro il più possibile. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico.

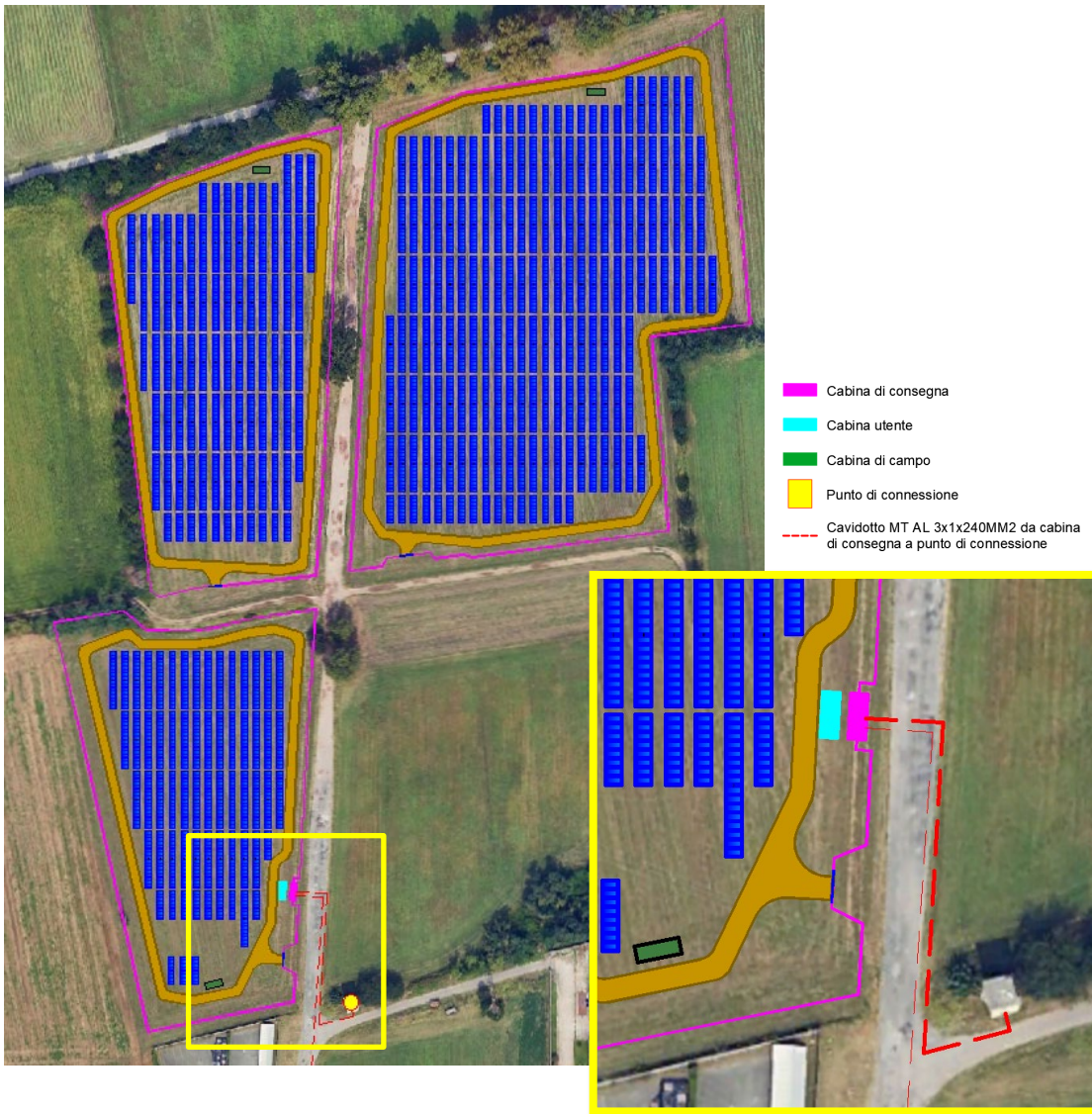
### 3) DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto fotovoltaico è composto da:

- *Generatore fotovoltaico, costituito da n° 4.864 moduli fotovoltaici completi di cablaggi elettrici di potenza nominale unitaria pari a 720 W;*
- *Strutture di sostegno moduli fotovoltaici – inseguitori monoassiali (Tracker)*
- *N.35 Inverter SUNNY HIGHPOWER PEAK3 SHP 100-21*
- *Impianto elettrico costituito da:*
  - *Cavi elettrici in BT per il collegamento delle stringhe all'inverter*
  - *Collegamento BT tra l'inverter e la cabina di campo;*
  - *Collegamenti MT tra cabine di campo;*
  - *Collegamento MT tra cabina di campo 3 e la cabina utente;*
  - *Collegamento MT tra cabina utente e cabina di consegna;*
- *N.3 cabine di campo contenenti il quadro bt di parallelo Inverter, quadro bt ausiliari, trasformatore BT\MT.*
- *Cabina Utente contenente gli scomparti MT di arrivo line da cabine di campo e il quadro generale MT utente per le protezioni a norma CEI 0-16.*
- *Cabina di consegna del tipo DG 2061*

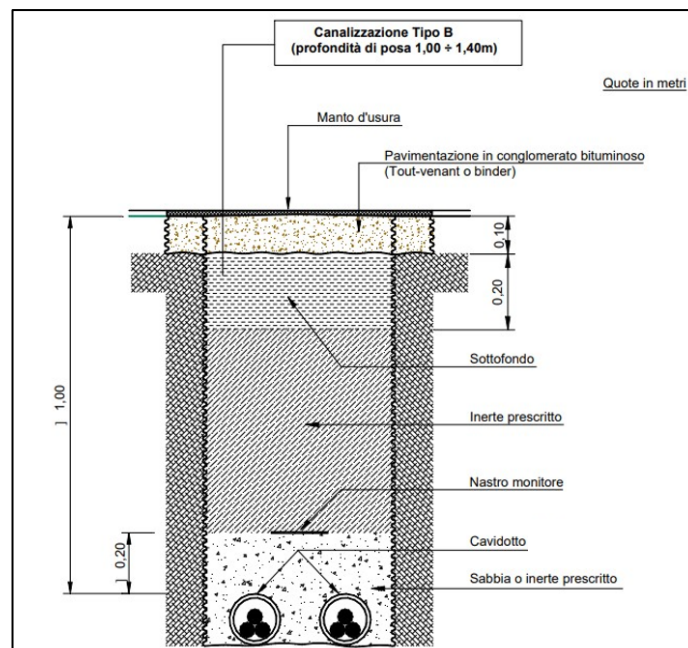
La soluzione di connessione dalla cabina di consegna al punto di connessione individuato nel preventivo di connessione avviene principalmente attraverso cavidotto interrato sotto il piano stradale. Per la visione di quanto indicato si rimanda all'elaborato n.5 "INV1-AAU-G3 Inquadramento impianto su ortofoto (ambito impianto e cavidotto)".

Nelle figure seguenti si riporta uno stralcio dell'elaborato suddetto e le sezioni utilizzate fino al punto di connessione:



Il tratto interessato dal cavidotto riguarda la sede stradale asfaltata.

Di seguito la sezione tipo:



#### **4) CAMPI ELETTROMAGNETICI RELATIVI AL CAMPO FOTOVOLTAICO**

Nel caso specifico del Campo Fotovoltaico, formato dall'insieme di più stringhe di moduli fotovoltaici e dai rispettivi cavi elettrici, considerato che:

- si ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- i cavi con diversa polarizzazione (positiva (+) e negativa (-)) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- i cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

si ha un campo magnetico ridotto dove, per i motivi descritti nel precedente punto elencato e nel paragrafo 2, si può escludere l'ipotesi di un superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettro-Magnetico.

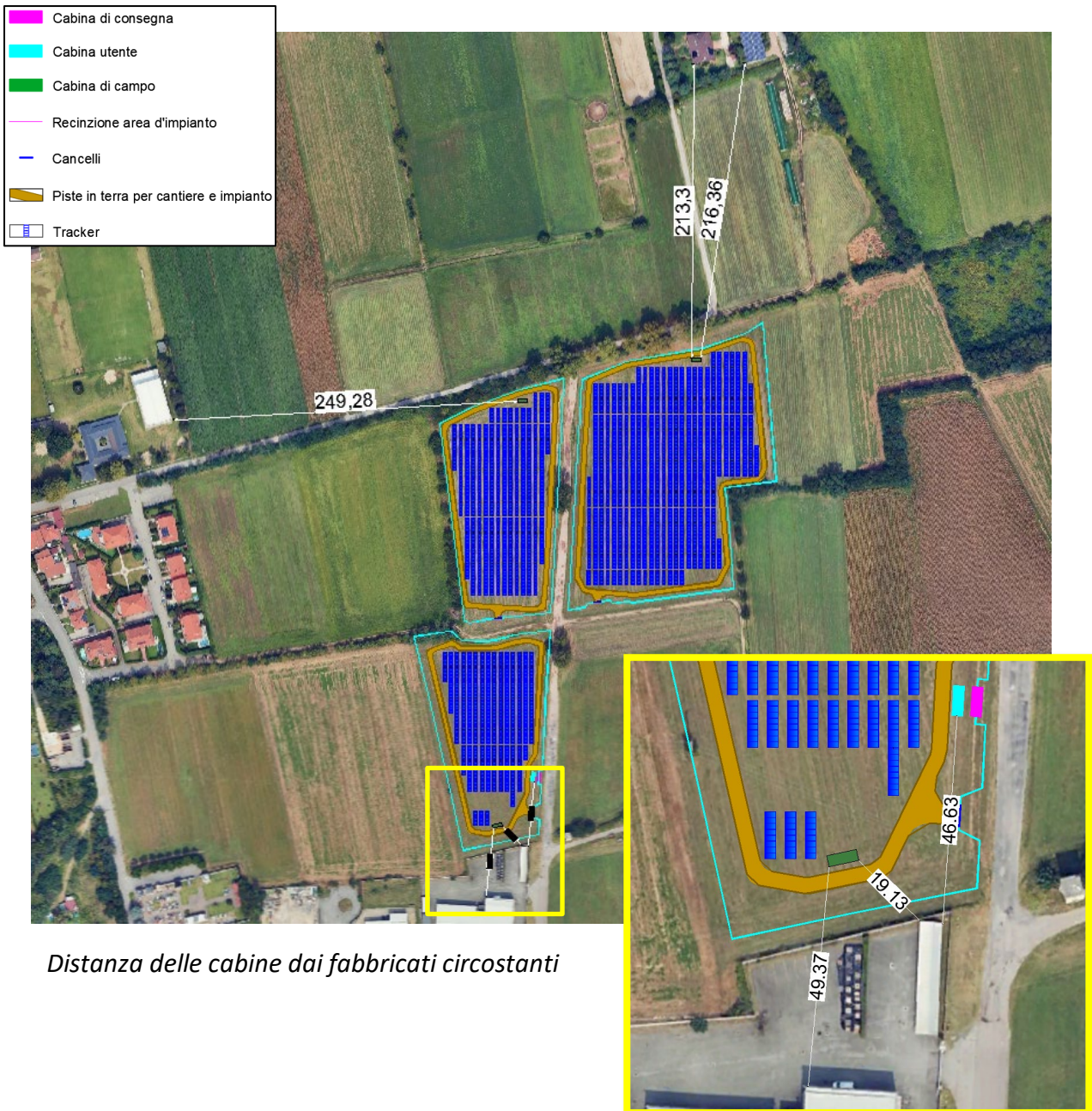
Questi potranno essere comunque monitorati con l'impianto in funzione per constatare i valori effettivi nel campo e confrontarli con quelli di riferimento.

#### **5) CAMPI ELETTROMAGNETICI 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. Inoltre il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, siano accompagnate dalle necessarie certificazioni a garanzia sia dell'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia dalle ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo). Oltre a quanto specificato, gli inverter immessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature. Quindi, per questi motivi, si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettro-Magnetico in prossimità degli inverter.

#### **6) ELETTRODOTTI DI MEDIA TENSIONE**

Nel progetto si prevedono Elettrodotti di Media Tensione. Per i cavi MT interrati il valore di qualità (induzione magnetica < di 3  $\mu$ T), si raggiunge ad una profondità di circa 1 m dal cavo. Pertanto l'obiettivo viene raggiunto in quanto gli stessi vengono posizionati ad una profondità maggiore rispetto al piano di campagna (1,30-1,40 m). Le aree in cui sono posti detti cavi interrati sono in zone con densità abitativa molto limitata e/o al di sotto della strada comunale. Gli edifici presenti sono comunque collocati a distanza rispetto alle cabine in cui confluiscono o da cui partono cavi MT. Le diverse cabine sono state difatti posizionate distanti da fabbricati. Di seguito si evidenziano nei diversi ambiti le distanze tra fabbricati e le cabine di progetto.



*Distanza delle cabine dai fabbricati circostanti*

Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT è molto limitato (nullo) considerando che: sono interrati ad oltre 1 m di profondità; verranno comunque posizionati nel rispetto delle specifiche ENEL; le cabine in cui confluiscono o da cui partono cavi MT sono comunque distanti nel peggiore dei casi più di 30 m da fabbricati (maggior parte non residenziali). Si precisa che le linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) hanno comunque fasce con ampiezza ridotta (inferiori a 6m) e che **in fase di progettazione esecutiva potrà essere eseguita un'ulteriore verifica in funzione della corrente di esercizio nei vari cavidotti.**

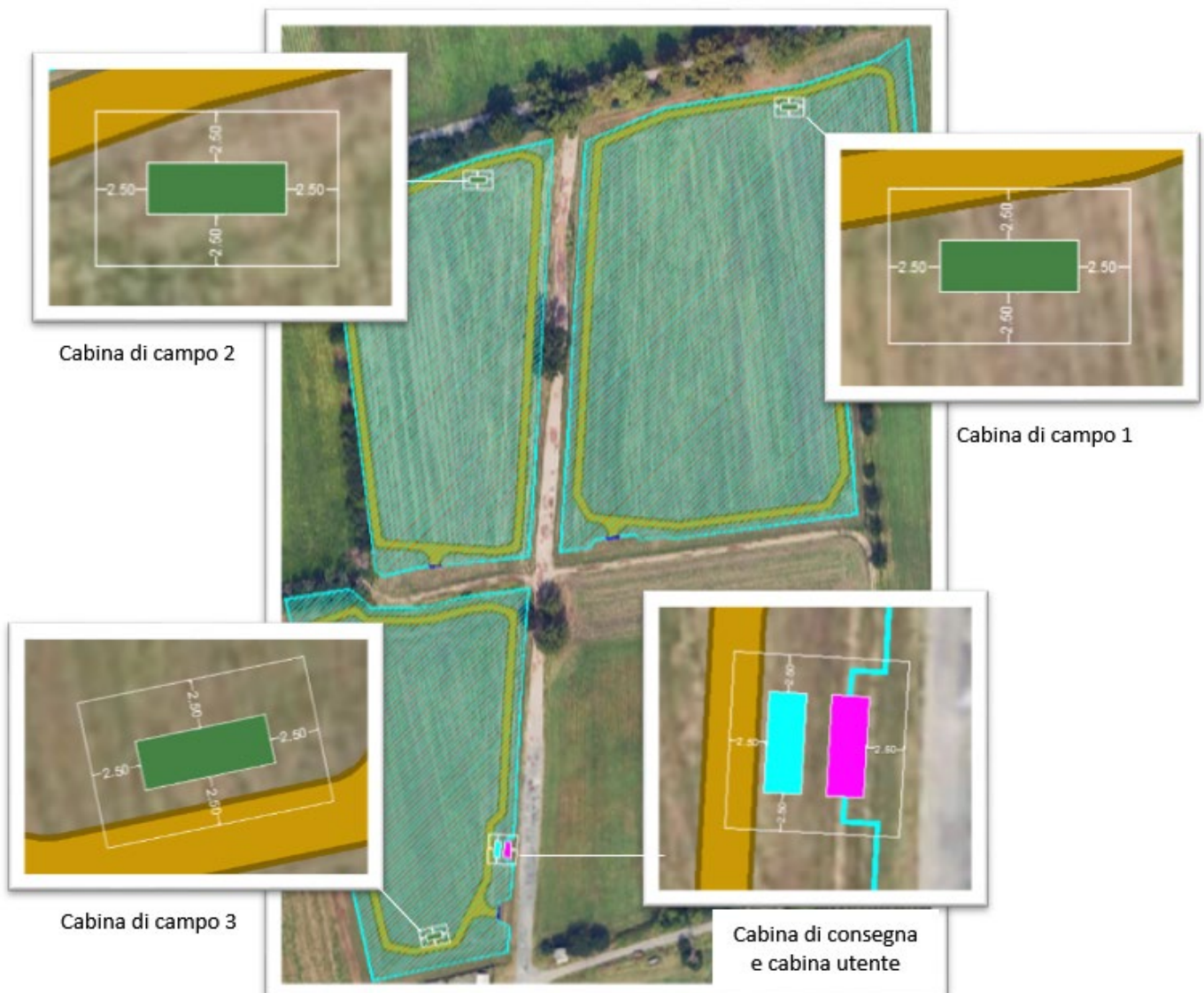
## 7) CABINE ELETTRICHE BT/MT

La fascia di rispetto della cabina di trasformazione dell'impianto potrebbe essere calcolata usando la metodologia di calcolo semplificato descritta nel DM 29/05/08. Da qui può essere individuata la D.p.a., attraverso la seguente formula:

$$D_{pd} = 0,40942 \sqrt[2]{I x^{0,5241}}$$

dove I = corrente nominale in Ampere (secondaria del trasformatore);  
x = diametro in m dei cavi in uscita dal trasformatore [m].

In questo caso specifico, per tutte le cabine presenti ed in ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata scelta, in modo cautelativo, come D.p.a. da rispettare il valore massimo riportato nella tabella dell'art. 5.2.1 del DM 29/05/08 che è pari a 2,5 m. È stata impostata quindi, attorno alle cabine, una fascia di rispetto di terreno larga 2,5 m. **Ognuna di queste fasce risulta libera da strutture che prevedono la permanenza delle persone.** Ovviamente anche i fabbricati esterni all'area d'impianto risultano fuori da queste fasce di rispetto:





Si sconsiglia l'utilizzo ai fini agricoli dei terreni all'interno delle fasce di rispetto delle cabine presenti nel campo. Ad ogni modo, in queste aree non dovranno essere eseguite attività (all'interno del contorno verde) per un tempo maggiore di quanto stabilito dalle norme vigenti al momento della messa in esercizio dell'impianto (al momento pari a 4 ore ai sensi del D.M. 29 maggio 2008). I moduli che possono essere oggetto di interventi di manutenzione, come indicato nelle precedenti immagini, sono posizionati al di fuori di queste fasce di rispetto.

## 8) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge n. 36 del 22 Febbraio 2001 – Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 08 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;
- D.M. 29 Maggio 2008 – Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;
- CEI 106-11 del 11 Febbraio 2006 – Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e di cavo.

### **Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001"**

La legge di riferimento per quanto attiene l'esposizione ai campi elettromagnetici è la Legge 22 febbraio 2001 n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Il suo campo di applicazione riguarda gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possono comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. Tale legge ha introdotto i concetti di limite di esposizione, di valore di attenzione e di obiettivi di qualità: i primi due rappresentano i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che rispettivamente non devono essere superati in situazione di esposizione acuta e di esposizione prolungata; l'obiettivo di qualità, invece, è stato introdotto al fine di garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione. La stessa legge ha anche introdotto la terminologia di fascia di rispetto in prossimità di elettrodotti, con questa intendendo un'area in cui non possono essere previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere. Nella terminologia "elettrodotto" viene compreso l'insieme delle linee elettriche e delle cabine di trasformazione.

### **D.P.C.M. "08 Luglio 2003"**

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 con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (G.U. n.200 del 29-8-2003) si fissano i limiti di esposizione (art.3 comma 1), i valori di attenzione (art.3 comma 2) e gli obiettivi di qualità (art.4) per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, escludendo cioè da tale normativa i lavoratori professionalmente esposti.

Limite di esposizione	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
Limite di attenzione	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
Obiettivi di qualità	Limite da rispettare per installazioni future

In funzione dell'intervallo di frequenza nel quale ricadono le emissioni, i limiti stabiliti sono riportati nella

tabella seguente:

D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003 - BASSE FREQUENZE (< 100 Hz)		
	Campo elettrico	Induzione magnetica
Limite di esposizione	500 V/m	100 $\mu$ T
Limite di attenzione (media 24 h)	-	10 $\mu$ T
Obiettivi di qualità (media 24 h)	-	3 $\mu$ T

Il D.P.C.M. 08/07/2003 sancisce che 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 microTesla ( $\mu$ T), per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

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 micro Tesla ( $\mu$ T), da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Inoltre 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 microTesla ( $\mu$ T), per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

D.P.C.M. 8 LUGLIO 2003 - ALTE FREQUENZE (100 Hz < f < 300 GHz)				
		Campo elettrico	Campo magnetico	Densità di potenza
Limite di esposizione	100 kHz < f < 3MHz	60 V/m	0,2 A/m	-
	3 MHz < f < 3GHz	20 V/m	0,05 A/m	1 W/mq
	3GHz < f < 300GHz	40 V/m	0,01 A/m	4 W/mq
Valore di attenzione (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/mq
Obiettivi di qualità (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/mq

In particolare all'art.6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" si prescrive che, alla frequenza di rete (50 Hz):

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

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

### **D.M. AMBIENTE "29 maggio 2008"**

La metodologia di cui sopra è stata definita dal D.M. 29/05/2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" che, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate e delle cabine, esistenti e in progetto.

Al fine delle verifiche delle autorità competenti, tale metodologia di calcolo prevede due livelli di approfondimento:

- Un procedimento semplificato basato sulla Distanza di prima approssimazione (D.p.a.), calcolata dal gestore e utile per la gestione territoriale e per la pianificazione urbanistica;
- Un calcolo preciso della fascia di rispetto, effettuato dal gestore e necessario per gestire i singoli casi specifici in cui viene rilasciata l'autorizzazione a costruire vicino all'elettrodotto.

La D.p.a. e la Fascia di rispetto sono così definite:

Distanza di prima approssimazione (D.p.a.): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;

Fascia di rispetto: spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( $3 \mu\text{T}$ ). Rispetto al primo punto, è stato stabilito che al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione il proprietario/gestore deve:

- calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale);
- proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- comunicarne l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione, cautelativa, delle fasce.
- qualora la linea, per alcune campate, corresse parallela ad altre (condividendo o meno i sostegni), lungo questo tratto dovrà essere calcolata la DPA complessiva.

Ancora ai fini della semplificazione, per il calcolo della D.p.a. è possibile anche applicare quanto previsto dalla norma CEI 106-11 Parte 1, in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli. Il D.M. 29/05/2008 indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 KV);

- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza);
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 KV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 KV);
- linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

In questi casi le fasce hanno infatti ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91. Al fine di valutare quale sarà l'impatto sulla gestione del territorio del D.M. 29/05/2008, si riportano le indicazioni sull'estensione della D.p.a. per le configurazioni più diffuse delle linee per i vari gestori.

Si fa presente, inoltre, che per i casi complessi, come presenza di due o più linee (parallele o che si incrociano), presenza di un angolo di deviazione della linea, presenza di campata a forte dislivello e/o orografia complessa del territorio tali D.p.a. non sono più valide ed è necessario ricorrere al calcolo esatto della fascia di rispetto. **Nel caso delle cabine di trasformazione da MT a BT, le D.p.a. (e quindi la fascia di rispetto) per le varie tipologie sono riportate come esempi nel D.M. 29 maggio 2008 e sono tipicamente entro i 2,5 metri da ciascuna parete esterna della struttura.**