




*Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico
denominato "Campiglia" di potenza pari a 67 MWp e 63,5 MW nel
comune di Campiglia Marittima (LI) ed opere connesse alla RTN
nel Comune di Suvereto (LI)*

RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

20/03/2024	00	Prima emissione	M. Dessì	P.Scaccabarozzi	D.Memme
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente <p style="text-align: center;">CoD21_FV_BGR_00092</p>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  <p style="margin-left: 20px;">Meta Studio S.r.l.</p>			Timbro e Firma Resp. Progettazione <p style="text-align: center;">Ing. Domenico Memme</p>		
Consulente / Specialista <p>Montana S.p.A.</p>			ID Documento Appaltatore <p style="text-align: center;">3038_5841_CA_VIA_R12</p>		

Sommario

1	Introduzione	3
2	Stato di progetto	6
2.1	Criteri di progettazione.....	6
2.2	Disponibilità di connessione	6
2.3	Configurazione di impianto.....	6
2.4	Layout di impianto	7
2.5	Descrizione dei componenti dell'impianto fotovoltaico	11
2.6	Linee elettriche di impianto.....	11
3	Riferimenti normativi.....	14
4	Definizioni	17
5	Calcolo delle DPA	21
5.1	Sottostazione elettrica utente AT/MT	21
5.1.1	Calcolo della DPA per la Cabina MT interna alla SSEU	21
5.1.2	Calcolo della DPA per lo stallo TR in aria interno alla SSEU	22
5.2	Calcolo della DPA per le linee MT	22
5.3	Calcolo delle DPA per le Power Station	25
6	Conclusioni	27

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 3 / 27
		Numero Revisione
		00

1 Introduzione

La Società IREN GREEN GENERATION TECH S.R.L. (di seguito Proponente) ha in progetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico, nel territorio comunale di Campiglia Marittima (LI), Regione Toscana denominato “Campiglia” di potenza nominale complessivamente pari a 67,00 MWp.

In relazione a tale parco fotovoltaico, il Proponente ha in progetto la realizzazione delle opere di collegamento alla RTN, costituite da una Stazione Elettrica di trasformazione 132/30kV-Stazione Utente connessa alla nuova SE Terna di “Suvereto” da realizzarsi da parte di Terna e relativi cavidotti MT e AT di connessione.

Titolo del progetto “CAMPIGLIA” (di seguito Progetto).

L’iter procedurale per l’ottenimento dei permessi alla realizzazione del progetto prevede la trasmissione, da parte del Proponente, di diversi elaborati ad Enti di competenza per l’acquisizione delle autorizzazioni. Tra i diversi documenti da esibire in fase autorizzativa, vi è anche il presente elaborato “Relazione elettromagnetica”.

Con la realizzazione dell’impianto fotovoltaico si intende conseguire un significativo risparmio energetico mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole.

Il progetto si inquadra in quelli che sono i programmi Nazionali e Internazionali per la transizione verso un’economia globale a impatto climatico zero entro il 2050.

In occasione della Conferenza sul clima tenutasi nel 2015 a Parigi è stato stipulato un nuovo accordo sul clima per il periodo dopo il 2020 che, per la prima volta, impegna tutti i Paesi, compreso l’Italia a ridurre le proprie emissioni di gas serra. In tal modo è stata di fatto abrogata la distinzione di principio tra Paesi industrializzati e Paesi in via di sviluppo. Nell’ambito di tale accordo l’Italia ha elaborato un Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) in cui l’Italia fissa degli obiettivi vincolanti al 2030 sull’efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂. Stabilisce inoltre il target da raggiungere in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell’energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, definendo precise misure che garantiscano il raggiungimento degli obiettivi definiti con l’accordo di Parigi e la transizione verso un’economia a impatto climatico zero entro il 2050.


Lo sviluppo delle rinnovabili concorre agli obiettivi europei e nazionali di riduzione delle emissioni di CO₂ e di decarbonizzazione dell’economia.

A livello europeo, un primo traguardo, previsto dalla **direttiva 2009/28/CE** e fissato **al 2020**, è stato conseguito dall’Italia e dall’UE nel suo complesso. **L’Italia, raggiungendo il 20,1% di copertura di consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili ha superato l’obiettivo del 17% e l’UE, arrivando al 22,1%, l’obiettivo del 20%.**

Il nuovo target **al 2030** è stato fissato a livello europeo al **32%** dalla Direttiva 2018/2001, salvo poi essere rivisto volta al 40% con il Pacchetto Fit for 55, per ridurre le emissioni del 55% al 2030. Nel 2022, il Piano REPowerEU ha ulteriormente elevato obiettivo, che sarà fissato dalla direttiva sulle rinnovabili in via di approvazione al **42,5%** vincolante ed al 45% orientativo.

A dicembre 2019 l’Italia ha adottato, il **Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima**, che specifica gli obiettivi di incremento della quota di energia da fonte rinnovabile sul totale dei consumi per ciascun settore (elettrico, termico, trasporti), in modo da conseguire l’obiettivo nazionale complessivo del **30%** di consumi finali lordi di energia soddisfatti da fonti rinnovabili nel 2030.

L’obiettivo è ripartito per settore: 55% nel settore elettrico; 33,9% nel settore termico; 22% nel settore dei trasporti. Rispetto alle traiettorie indicate dal PNIEC, i dati riferiti agli ultimi anni indicano una

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 4 / 27
		Numero Revisione
		00

crescita della percentuale di **consumi energetici coperti da fonti rinnovabili** nel 2020; con la ripresa dei consumi, **nel 2021**, il dato si attesta al **19%**, poco sotto l'obiettivo indicato dal PNIEC, **al 20%**. Nel settore elettrico, la **quota di copertura dei consumi elettrici da rinnovabili** è pari nel **2021** al **36%**, contro un dato **preventivato del 37,5%**. Negli ultimi anni la potenza installata e la produzione di energia eolica e fotovoltaica sono cresciute significativamente, ma i traguardi posti al 2030 richiedono un'accelerazione. Nel settore idrico, la produzione di energia elettrica risente degli eventi siccitosi che si verificano periodicamente. Quanto al **settore termico e dei trasporti**, la copertura dei consumi da fonti rinnovabili è stata nel 2021 rispettivamente del **19,7%** e **dell'8,2%**, contro un dato preventivato dal PNIEC rispettivamente del **22,1%** e **del 9,9%**.

Lo scorso 30 giugno l'Italia ha trasmesso alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC, da adottarsi entro giugno 2024. L'obiettivo complessivo di copertura di consumi energetici da fonti rinnovabili è fissato al 40% al 2030, così ripartito: **65% nel settore elettrico, 37% nel settore termico, 31% nel settore dei trasporti**. Inoltre è stato stabilito un obiettivo di **consumo di idrogeno da fonti rinnovabili del 42% negli usi industriali**.


Il PNIEC approvato nel **2019**, al fine del raggiungimento dell'obiettivo di copertura del fabbisogno elettrico da fonti energetiche rinnovabili (FER) del 55%, prevede che entro il 2030 la potenza degli impianti da fonti rinnovabili debba aumentare a **95,21 GW**. Il Piano per la Transizione energetica stima che, per raggiungere i più ambiziosi obiettivi posti dal Green Deal e dal Pacchetto Fit for 55, sarebbe necessaria una crescita complessiva della potenza installata da fonti rinnovabili di 70-75 GW al 2030 rispetto al 2019 (quando era pari a 55,5 GW).

La **proposta di aggiornamento del PNIEC** propone di elevare l'obiettivo di potenza installata da fonti rinnovabili a **131,3GW**, (quanto sopra fonte "Servizio Studi" Camera dei Deputati "Le Fonti Rinnovabili dell'agosto 2023". Elettricità FUTURA sostiene che per il Piano Elettrico 2030 coerente con il REPowerEU (84% di rinnovabili nel mix elettrico) occorrono **143 GW** di potenza rinnovabile installata (fonte "Audizioni annuali ARERA 2023).

In tale scenario l'impianto fotovoltaico di progetto con la sua produzione netta attesa di **121.952,56 MWh/anno** di energia elettrica da fonte rinnovabile e con un sostanziale abbattimento di emissioni in atmosfera di CO₂ ogni anno risponde pienamente agli obiettivi energetici e climatici del Paese.


In sintesi l'intervento proposto:

- è finalizzato alla realizzazione di un'opera infrastrutturale, non incentivato;
- è compatibile con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- consente la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- utilizza fonti rinnovabili eco-compatibili;
- consente il risparmio di combustibile fossile;
- non produce nessun rifiuto o scarto di lavorazione;
- non è fonte di inquinamento acustico;
- non è fonte di inquinamento atmosferico;
- utilizza viabilità di accesso già esistente;
- comporta l'esecuzione di opere edili di dimensioni modeste che non determinano in alcun modo una significativa trasformazione del territorio, relativamente a fondazioni

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 5 / 27
		Numero Revisione
		00

superficiali di alcune stazioni di conversione/trasformazione e cabine di smistamento con volumetrie decisamente molto contenute;

- le opere di connessione consentiranno di migliorare l'infrastruttura elettrica nazionale.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 6 / 27
		Numero Revisione
		00

2 Stato di progetto

2.1 Criteri di progettazione

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico tipologia di strutture a terra tipo mobile (tracker); con tecnologia moduli Bifacciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento a Sud (Azimut 0°) dei moduli su struttura fissa e orientamento dinamico dei moduli posizionati su strutture mobili;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.
- rispetto dei vincoli presenti sull'area nella predisposizione del layout finale;

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance dell'impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

2.2 Disponibilità di connessione

La richiesta di connessione per l'impianto oggetto di questa relazione è stata effettuata dalla società Iren Green Generation Tech S.r.l.

La soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione è stata elaborata ed emessa da Terna S.p.a. con codice pratica (CP) 202204248 e accettata dalla società Iren Green Generation Tech S.r.l.. La soluzione tecnica minima generale elaborata prevede che la centrale venga collegata in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV, in doppia sbarra, da inserire in entra – esce alle linee RTN a 132 kV “Piombino SA AI – Suvereto” e “Piombino Termica – Suvereto”, previo:

- Nuovo elettrodotto RTN a 132 kV tra la nuova SE e SE Suvereto;
- intervento 301-P da Piano di Sviluppo Terna, limitatamente alla liberazione di uno stallo in SE Suvereto, prevista dagli interventi finalizzati a razionalizzare la porzione di rete afferente al nodo di Suvereto.

2.3 Configurazione di impianto

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della configurazione di impianto:


	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 7 / 27
		Numero Revisione
		00

Tabella 2.1: Configurazione dell'impianto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	Iren Green Generation Tech S.r.l.
Luogo di installazione:	Campiglia (LI)
Denominazione impianto:	Campiglia
Potenza di picco (MW _p):	67,00 MW _p
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali
Inclinazione piano dei moduli:	+55°/- 55°
Azimut di installazione:	0°
Sezioni impianto:	n.12 denominate A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2, E3, F1 ed F2
Power Station:	n. 20 distribuite all'interno del campo fotovoltaico, lungo la viabilità interna
SSE Utente	n. 1
Cabina di Connessione:	n. 6 interne al campo FV, posizionate lungo la recinzione

2.4 Layout di impianto


L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 12 sezioni denominate A1, A2, B1, B2, B3, C, D, E1, E2, E3, F1, F2 i dettagli relativi alla potenza, alla tipologia e al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 2.2.

Tabella 2.2: Dati di progetto

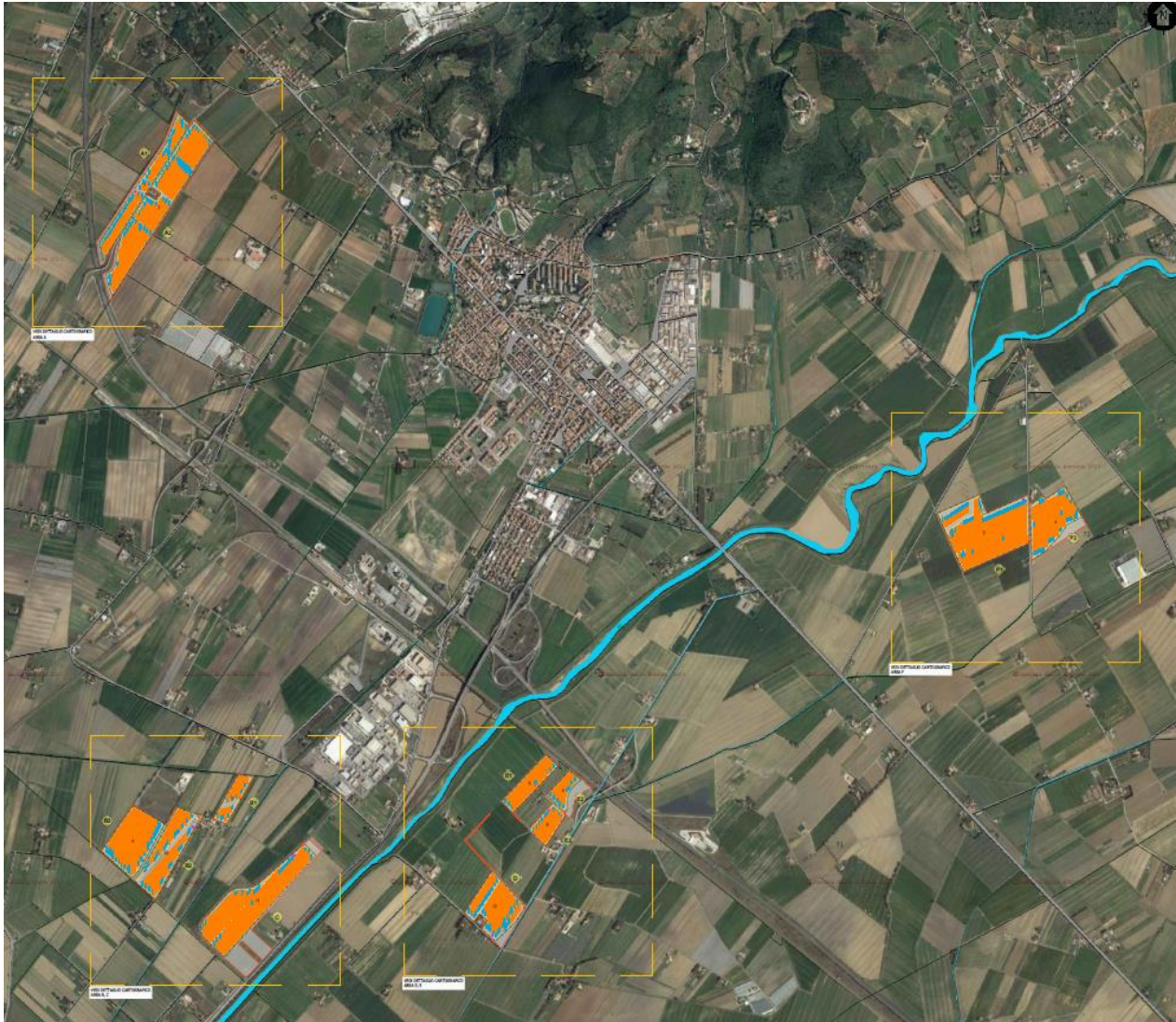
IMPIANTO	STRUTTURA	N MODULI X STRUTTURA	N STRUTTURE	N MODULI COMPLESSIVI	POTENZA MODULO (WP)	POTENZA COMPLESSIVA (MWP)
SEZIONE A1	TIPO 1: 1x14	14	80	1.120	690	0,77
	TIPO 2: 1x28	28	161	4.508	690	3,11
TOTALE SEZ A1				5.628		3,88
SEZIONE A2	TIPO 1: 1x14	14	120	1.680	690	1,16
	TIPO 2: 1x28	28	526	14.728	690	10,16
TOTALE SEZ A2				16.408		11,32
SEZIONE B1	TIPO 1: 1x14	14	20	280	690	0,19
	TIPO 2: 1x28	28	59	1.652	690	1,14
TOTALE SEZ B1				1.932		1,33

SEZIONE B2	TIPO 1: 1x14	14	54	756	690	0,52
	TIPO 2: 1x28	28	208	5.824	690	4,02
TOTALE SEZ B2				6.580		4,54
SEZIONE B3	TIPO 1: 1x14	14	62	868	690	0,60
	TIPO 2: 1x28	28	312	8.736	690	6,03
TOTALE SEZ B3				9.604		6,63
SEZIONE C	TIPO 1: 2x12	24	52	728	690	0,50
	TIPO 2: 2x24	48	543	15.204	690	10,49
TOTALE SEZ C				15.932		10,99
SEZIONE D	TIPO 1: 1x14	14	74	1.036	690	0,71
	TIPO 2: 1x28	28	224	6.272	690	4,33
TOTALE SEZ D				7.308		5,04
SEZIONE E1	TIPO 1: 1x14	14	14	196	690	0,14
	TIPO 2: 1x28	28	134	3.752	690	2,59
TOTALE SEZ E1				3.948		2,72
SEZIONE E2	TIPO 1: 1x14	14	18	252	690	0,17
	TIPO 2: 1x28	28	58	1.624	690	1,12
TOTALE SEZ E2				1.876		1,29
SEZIONE E3	TIPO 1: 1x14	14	16	224	690	0,15
	TIPO 2: 1x28	28	85	2.380	690	1,64
TOTALE SEZ E3				2.604		1,80
SEZIONE F1	TIPO 1: 1x14	14	116	1.624	690	1,12
	TIPO 2: 1x28	28	556	15.568	690	10,74
TOTALE SEZ F1				17.192		11,86
SEZIONE F2	TIPO 1: 1x14	14	58	812	690	0,56
	TIPO 2: 1x28	28	260	7.280	690	5,02
TOTALE SEZ F2				8.092		5,58
TOTALE				97.104		67,00


Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture mobili (tracker):


	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 9 / 27
		Numero Revisione
		00


- Larghezza massima struttura in pianta: 2,384 m;
- Altezza massima palo struttura: 1,782 m;
- Altezza massima struttura: 2,826 m;
- Altezza minima struttura: 0,85 m;
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,25 m;
- Larghezza viabilità del sito: 5,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p);





LEGENDA


 SITO CATASTALE


 ACCESSO AREA IMPIANTO

 RECINZIONE IN PROGETTO


 TRACKER (1x14 MODULI)

 TRACKER (1x28 MODULI)

 VIABILITÀ INTERNA (LARGHEZZA 5 m)

 FASCIA DI MITIGAZIONE INTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 4 m)

CABINATI

 CABINA ELETTRICA CONNESSIONE

 CABINA ELETTRICA DI CAMPO MT/BT



 LOCALE UFFICI

Figura 2.1 - Layout di impianto

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 11 / 27
		Numero Revisione
		00

2.5 Descrizione dei componenti dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 67,00 MW è così costituito da:

- n.1 Sottostazione elettrica di utenza (SSEU). La SSEU dell'impianto, a livello di tensione pari a 132 kV, sarà posizionata in posizione strategica rispetto alle linee "Piombino SA AI – Suvereto" e "Piombino Termica – Suvereto";
- n.6 Cabine di Connessione. Le Cabine di Connessione hanno la funzione di raccogliere le terne provenienti dalle Power Station, presenti nei vari sottocampi. Le cabine saranno posizionate in maniera strategica all'interno dell'impianto. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente 1 quadri contenenti i dispositivi generali DG, di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 20 Power Station. Le Power Station avranno la funzione di convertire la corrente elettrica in DC proveniente dai moduli FV in corrente elettrica AC e di elevare la tensione da bassa tensione a livello di media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle stringhe che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n.8 Uffici ad uso del personale, installati in ogni sezione dell'impianto;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno mobili (tipo tracker) fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato da:
 - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
 - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

2.6 Linee elettriche di impianto

L'impianto è collegato alla rete elettrica nazionale con connessione trifase a 132 kV; ha una potenza pari a **67,00 MWp**, suddivisa in **20 Power Station**, derivante da **97.104** moduli.

L'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici del campo fotovoltaico verrà convertita in corrente alternata e innalzata al livello di tensione 30 kV nelle Power Station (dove è presente un inverter e un trasformatore MT/BT), convogliata verso le cabine di connessione (in accordo con la configurazione prevista) e quindi verso la SSE Utente ed in fine verso la SE Terna dove sarà elevata ulteriormente ed immessa nella RTN a livello di tensione 132 kV.

I collegamenti tra il campo FV e le cabine di connessione e tra queste e la SSEU, avverranno tramite linee elettriche interrate esercite a MT, ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

La rete elettrica MT sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

I cavi verranno posati ad una profondità massima di 1,0 m con nastro segnalatore e protezione meccanica supplementare.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza variabile tra 63,5 e 144,5 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di rame della rete equipotenziale.

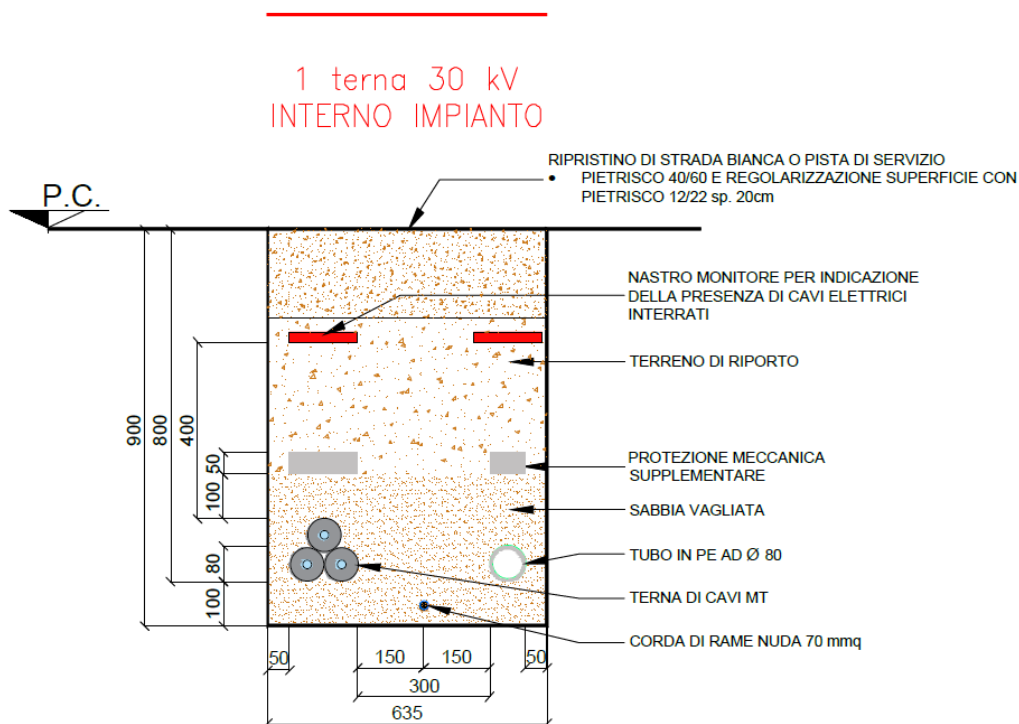



Figura 2.2: Sezione tipologica di scavo per cavidotto


Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 13 / 27
		Numero Revisione
		00

- rinterro parziale con terreno di scavo e/o sabbia vagliata;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo nei tratti non coincidenti con la viabilità.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 14 / 27
		Numero Revisione
		00

3 Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi vengono riportati nella tabella che segue:

- **Legge n° 36 del 22/2/2001**, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (Legge che rimanda l’applicazione ai decreti applicativi: DPCM 8 luglio 2003);
- **Guida CEI 211-6 (2001)**, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- **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 (50Hz) generati da elettrodotti;
- **Guida CEI 106-11: (2006)**, “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;
- **Guida CEI 106-12 (2006)**, “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;
- **CEI 14-35 (2008)**, in merito alla valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza aventi una gamma di potenza compresa fra 5 kVA e 1000 kVA;
- **DM 29 Maggio 2008**, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156**, Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (allegato APAT);
- **Guida CEI 211-4 (2008)**, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”;
- **D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008**, “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, nello specifico: Titolo VIII Capo IV;
- **Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea 1999/519/CE**, 12 luglio 2009, relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;
- **Norma CEI EN 61000-4-8:2010**, Compatibilità elettromagnetica (EMC);
- **Norma CEI EN 62110: 2012-11 (CEI 106-27)**, Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a.: Procedure di misura con riferimento all’esposizione umana;
- **D.Lgs n. 159 del 01 agosto 2016**, “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.”;

- **DM 11 Ottobre 2017** “Inquinamento elettromagnetico indoor”, per dimostrare la conformità al criterio **2.3.5.4** è necessario presentare una relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, stato ante operam, interventi previsti, risultati raggiungibili e stato post operam;
- **Guida CEI 106-45 (gennaio 2021)**, Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo 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”.


Tabella 3.1: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μ T)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.


Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 16 / 27
		Numero Revisione
		00

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA): 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.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 17 / 27
		Numero Revisione
		00

4 Definizioni

Campo magnetico

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m. L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione: $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$.

Campo elettrico

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.

Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.

ELF

È la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.

L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.

Intensità di corrente (J).

È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m²).


Intensità di campo elettrico

È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

Intensità di campo magnetico

È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

Induzione magnetica

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 18 / 27
		Numero Revisione
		00

È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1A \text{ m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} T$.

Densità di potenza (S).

Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in watt per metro quadro (W/m²).

Assorbimento specifico di energia (SA).

Si definisce mediante l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente raccomandazione il termine si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR).

Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa del tessuto corporeo ed è espresso in watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR riferito a tutto il corpo è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi all'esposizione a RF. Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a speciali condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF nella gamma inferiore di MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

Linea

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

Elettrodotto

È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

Tronco

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

Tratta


La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazzettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

Campata

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

Sostegni

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 19 / 27
		Numero Revisione
		00

Impianto

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale

È la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

Fascia di rispetto

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

Distanza di prima approssimazione (Dpa)

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.

Esposizione


È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

Limite di esposizione

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Valore di attenzione

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 20 / 27
		Numero Revisione
		00

Obiettivi di qualità


Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;

Limiti di base

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

Livelli di riferimento.

Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto (I_L). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) (I_c) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere raffrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 21 / 27
		Numero Revisione
		00

5 Calcolo delle DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per gli elementi costituenti l'impianto possibili fonti di inquinamento elettromagnetico:

- Sottostazione elettrica Utente
- Linee elettriche di impianto AT
- Linee elettriche di impianto MT
- Cabine di connessione e smistamento
- Cabine di campo / Power Station

Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione nominale di 132 kV e 30 kV (a frequenza 50 Hz). Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di esercizio dell'impianto in quanto durante la realizzazione e dismissione i campi daranno nulli data l'assenza di tensione nei circuiti.

5.1 Sottostazione elettrica utente AT/MT

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

Oltre il confine di proprietà:

- 100 μ T esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3 μ T obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 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 negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).


All'interno della sottostazione e della stessa proprietà:

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8 luglio 2003 non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. Dalle informazioni ricevute dalla committenza, non risultano esistenti aree accessibili da popolazione all'interno della proprietà.

La proprietà è accessibile solamente a personale professionalmente esposto della sottostazione; in particolare all'interno degli edifici, in nessun locale, è prevista la presenza continuativa di persone per una durata giornaliera non superiore alle 4 ore. Pertanto, dovrà essere garantito il rispetto del limite 100 μ T al di sopra del piano di calpestio.

5.1.1 Calcolo della DPA per la Cabina MT interna alla SSEU

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 22 / 27
		Numero Revisione
		00

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

Per la Cabina Utente MT la DPA da considerare è quella relativa alle linee elettriche entranti/uscenti dalla stessa.

Per tale cabina è stato preso come riferimento un diametro equivalente della singola di 100 mm (considerando la contemporaneità di 4 terne il diametro equivalente complessivo diventa 400 mm) e una corrente massima pari a circa 1566 A; la corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 10,5 m; oltre tale distanza dalla cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

All'interno della fascia introdotta dalla DPA intorno alla cabina di connessione non si rilevano presenti recettori sensibili e non è in alcun modo prevista la presenza di personale per un periodo superiore alla 4 ore giornaliere.

5.1.2 Calcolo della DPA per lo stallo TR in aria interno alla SSEU

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, come riportato nei grafici seguenti.

Per quanto riguarda la nuova gli apparati AT in aria a 132 kV, l'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva inoltre che nell'area dell'impianto, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria. Il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti compresi nella nuova stazione di rete (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza del perimetro delle vie di servizio interne, risulta trascurabile rispetto a quello delle linee entranti. Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente.

In sintesi, i valori massimi dei campi elettrici e magnetici relativi agli apparati dello stallo TR in aria sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti AT (il cui calcolo è riportato di seguito) e quindi l'impatto determinato dall'impianto stesso è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

In conclusione, per questa tipologia di impianto (cfr DM 29.5.08) la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e quindi la fascia di rispetto rientrano generalmente nei confini dell'impianto stesso, inoltre, si può concludere che non ci sono recettori sensibili (luoghi con tempi di permanenza maggiori alle 4 ore) all'interno delle DPA.

5.2 Calcolo della DPA per le linee MT

Nella Tabella 5.1 sono riepilogate le linee elettriche descritte per tipologia di posa, formazione, designazione e corrente nominale di impianto quali elementi considerati nella verifica delle DPA. Le linee considerate saranno esclusivamente quelle di connessione tra cabine caratterizzate da corrente AC poste a valle della cabina di connessione; pertanto, il calcolo delle DPA farà riferimento ai tratti per la connessione di quest'ultima alla cabina di smistamento quale tratto caratterizzato da una corrente maggiore.

La stima delle DPA per le linee MT è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11. Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specifica per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Dove:

- I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A];
- S è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante) [m];
- R è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto [m].

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μT che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

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

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3 μT calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:

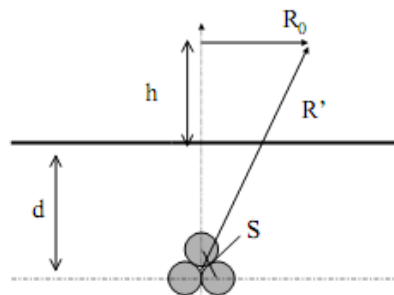



Figura 5.1: Tipico posa cavo MT con indicazione delle distanze di riferimento

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μT che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

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

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3 μT calcolato al livello del suolo è pari a:

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 24 / 27
		Numero Revisione
		00

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Le premesse al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima di erogazione dell'impianto alla tensione di esercizio nominale
- La profondità massima di posa (d) è quella di progetto 1,0 m
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

Di seguito si riportano i risultati del calcolo delle DPA dei tratti considerati con i vari modelli, quali attraversati dalla maggior intensità di corrente e pertanto rappresentativi di tutte le linee elettriche MT presenti all'esterno del campo FV.

Tabella 5.1: Linea MT maggiormente rappresentativa (3 terne in parallelo)

COLLEGAMENTO DA	COLLEGAMENTO A	TENSIONE NOMINALE [KV]	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	INTENSITÀ DI CORRENTE SINGOLA TERNA [A]
Cabina smistamento F	Cabina MT Utente della SSEU	30	60	1,0	429

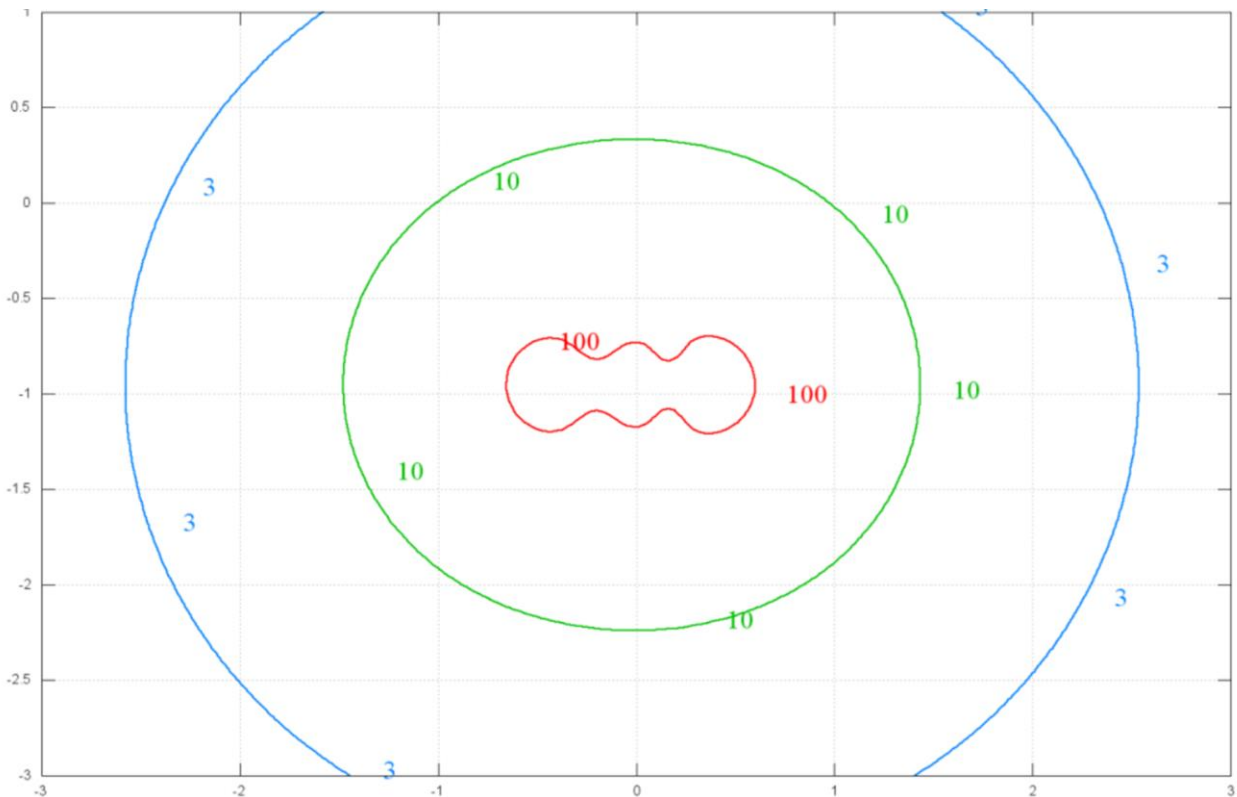


Figura 5.2: Grafico delle curve isolivello di induzione magnetica nel piano perpendicolare alle linee elettriche considerate


L'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 2,3 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 2,5 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.

5.3 Calcolo delle DPA per le Power Station

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione nelle Power Station si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore o durante i momenti in cui la tensione è assente.

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione e in corrente continua in ingresso alla Power Station (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:


$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 26 / 27
		Numero Revisione
		00

Per le Power Station si è preso come riferimento il diametro equivalente reale del cavo in ingresso agli inverter pari a circa 80 mm considerando un numero di terne entranti nella Power Station pari a 2 (per un totale di 160 mm) e la corrente massima in BT e in corrente continua, e cioè pari a 2425 A (considerando un livello di tensione BT_{DC} pari a 1 kV, e una potenza massima della PS pari a 4200 kVA).

Dalla applicazione della equazione sopra riportata si desume una DPA di circa 7,72 m che arrotondata al messo metro successivo restituisce una DPA pari a 8,0 m, all'esterno della quale il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

Entro le distanze DPA di cui sopra non saranno presenti recettori e le Power Station non saranno installate all'interno dell'area di impianto dove sono previste attività che comportino una permanenza superiore alle 4 ore, come da normativa.

	ID Documento Committente CoD_021_FV_BGR_00092	Pagina 27 / 27
		Numero Revisione
		00

6 Conclusioni

Sulla base dei risultati delle simulazioni di campo magnetico, è possibile notare che:

1. Per la cabina generale MT viene associata una fascia di rispetto pari a circa 10,5 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T. Entro questa fascia, non è stata considerata una presenza continuativa di persone per una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere e in ogni caso le persone addette ad interagire con gli elementi presenti in prossimità della cabina e al suo interno sono operai specializzati e opportunamente informati e formati secondo quanto stabilito dalla legge.
2. Lungo il tracciato del cavidotto per linee esterne all'impianto viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a circa 2,5 m dal centro dello scavo a livello del calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T.
3. Per quanto riguarda gli apparati dello stallo TR i valori di emissione del campo magnetico sono assimilabili a quelli prodotti dalla linea in cavo a 132 kV entrante nell'area di impianto; ciò detto la fascia di rispetto associata a tali valori di emissione rimane confinata entro la suddetta area e in ogni caso ad uso esclusivo di personale altamente qualificato e adeguatamente formato e informato come previsto dalle norme vigenti.
4. Per le Power Station viene associata una fascia di rispetto pari a circa 8,0 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μ T. Entro questa fascia, non è stata considerata una presenza continuativa di persone per una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere e in ogni caso le persone addette ad interagire con gli elementi presenti in prossimità della cabina e al suo interno sono operai specializzati e opportunamente informati e formati secondo quanto stabilito dalla legge.

A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni, pertanto si rimanda alla fase esecutiva per successivi e definitivi calcoli in merito. Si segnala che, nel caso non si rispettasse l'obiettivo di qualità dei 3 μ T, in fase esecutiva dovrà essere predisposta la schermatura dei cavi, secondo la tecnica di posa che prevede di inserire i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata. Le canalette dovranno essere utilizzate nei tratti di elettrodotta caratterizzati dalla vicinanza a strutture potenzialmente sensibili per le quali si ha la necessità di ridurre i valori assunti dal campo magnetico, e sono realizzate con acciai di diverso spessore, con differente capacità di attenuazione del campo magnetico.