

IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV - CALTAFALSA"

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DI POTENZA PARI A 58,52 MW_p INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 25 MW (50 MW COMPLESSIVI IN IMMISSIONE) DENOMINATO "AGV CALTAFALSA" E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RICADENTI NEL COMUNE DI MONREALE (PA).



Proponente

X-ELIO CALTAFALSA S.r.l.

CORSO VITTORIO EMANUELE II, 349 - 00186 ROMA
P. IVA: 16235011000

Progettazione



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



Titolo Elaborato

(R) - Elaborati tecnico-descrittivi
10 - Relazione sui campi elettromagnetici

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	SCALA
PROGETTO DEFINITIVO	PD-R.10	XELI774PDRrti010R0	A4	/

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	06-2023	PRIMA EMISSIONE	GL	EG	MG

REGIONE SICILIA
CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE

X-ELIO+

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	2

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	06-2023	Prima emissione	GL	EG	MG

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	3

INDICE

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. FONTI DI EMISSIONE	8
3.1. ELETTRDOTTO MT.....	8
3.2. PARCO FOTOVOLTAICO	9
3.3. SISTEMA BESS.....	10
3.4. SOTTOSTAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE 30/220 kV.....	10
3.5. ELETTRDOTTO AT	11
4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO	12
4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO	12
4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO	13
5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI MT14	
5.1. GENERALITÀ	14
5.2. VALUTAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO NEL CASO SCELTO	17
6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAL PARCO FOTOVOLTAICO E DAL SISTEMA BESS	21
6.1. GENERALITÀ	21
6.2. CABINA PRINCIPALE DI IMPIANTO MTR	21
6.3. POWER STATION E POWER CONVERSION SYSTEM.....	22
7. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSEU	23
8. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'ELETTRODOTTO INTERRATO AT24	
9. CONCLUSIONI	28

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	4

1. PREMESSA

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, la Società X-ELIO Caltafalsa S.r.l. ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto denominato "AGV Caltafalsa" di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico della potenza di circa 58,52 MWp e delle relative opere di connessione alla Rete, presso la Sotto-Stazione Elettrica di Utente, SSEU, e relativa RTN siti nel Comune di Monreale, Città Metropolitana di Palermo.

L'impianto fotovoltaico sarà composto complessivamente da 15 Power Station (PS) cui afferiranno "elettricamente" le varie porzioni di impianto: su ciascuna PS arriverà una potenza variabile da 3260,6 kW (PS3) a 5658,1 kW (PS9); tutte le PS saranno collegate fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione (30 kV).

Presso l'impianto verranno realizzate, oltre le PS, la control room e le cabine principali di impianto (Main Technical Room) MTR, dalle quali si dipartono le linee di collegamento in Media Tensione interrate verso il punto di consegna (passando in entra/esce per il sistema BESS di accumulo), presso la nuova sottostazione elettrica di trasformazione di utente, che verrà realizzata nei pressi della futura stazione elettrica a 220 kV "SE Monreale".

Solo per completezza di informazione, si fa presente che l'impianto proposto è del tipo agro-fotovoltaico che consentirà la produzione di energia da fonte rinnovabile e la produzione agricola.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione dell'impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	5

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella redazione del progetto si è fatto costante riferimento alla seguente normativa:

Studio di Impatto Ambientale

- Art. 22 del D. Lgs. 152/2006, Norme in materia ambientale, aggiornato dal D. Lgs. 104/2017.

Rumore

- L. 447/95 “Legge Quadro” e successivi decreti attuativi
- DPCM 14/11/1997 sulla "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- DPCM 1/03/1991 sui “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”.

Energie rinnovabili

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011

Elettrodotti, linee elettriche, sottostazione e cabina di trasformazione

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 211-4/1996 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma CEI 211-6/2001 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”
- Norma CEI 11-17/2006 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	6

- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti i I e II categoria
- CEI 13-4 Sistema di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica
- CEI 20-19 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-20 Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi in bassa tensione
- CEI 20-67 Guida per l'uso di cavi 0,6/1 kV
- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI 23-46 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche – Prescrizioni particolari per sistemi in tubi interrati
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- 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 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 81-1 Protezione delle strutture contro i fulmini
- CEI 82-1 Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
- CEI 82-2 Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizioni per celle solari di riferimento
- CEI 82-3 Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- CEI 82-4 Protezione contro la sovratensione dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia - Guida
- CEI 82-8 Moduli fotovoltaici in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
- CEI 82-9 Sistemi fotovoltaici – Caratteristica dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI 82-15 Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	7

- CEI 82-16 Schiere di moduli fotovoltaici in silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- CEI 82-17 Sistemi fotovoltaici di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
- CEI 82-22 Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici
- CEI 82-25 Guida per la realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione
- DM 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.

Opere civili

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 17.01.2018: Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni.

Sicurezza

- D.LGS 9 aprile 2008 “Testo unico sulla sicurezza”.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	8

3. FONTI DI EMISSIONE

Il parco fotovoltaico e con esso il sistema BESS durante il loro ordinario funzionamento generano campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- ✓ tutte le linee elettriche a servizio del parco:
 - elettrodotto MT di interconnessione fra le cabine di campo presenti all'interno del parco fotovoltaico, verso la cabina MTR;
 - elettrodotto MT di vettorialmente dell'energia prodotta dalla cabina MTR verso l'area dove si prevede l'installazione del sistema BESS e da qui sino alla SSEU di trasformazione 30/150 kV;
- le cabine elettriche presenti all'interno del parco fotovoltaico e all'interno dell'area BESS;
- la SSEU;
- l'elettrodotto AT che connette la SSEU alla Stazione Elettrica Terna "220 kV Monreale".

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche; pertanto, non verranno trattate ai fini della valutazione.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate. Per tutti gli approfondimenti del caso, si rinvia alle relazioni di progetto definitivo aventi codici PD-R.7 e PD-R.8.

3.1. ELETTRODOTTO MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei campi che per la connessione alla SSEU, saranno di tipologia ARP1H5(AR)E 18/30 kV o equivalente.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. I cavi verranno interrati ad una profondità pari a 1,10 m per le tratte di collegamento interne ed esterne al parco fotovoltaico.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9

La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV.

Di seguito le caratteristiche tecniche del cavo:

Tipo	ARP1H5(AR)E - o equivalente				
Tensione nominale [kV]:	18/30	18/30	18/30	18/30	18/30
Formazione e sezione [mm ²]:	1 x 150	1 x 300	1 x 400	1 x 500	1x630
Resistenza a 90 °C [Ω/km]:	0,27	0,13	0,105	0,08	0.074
Reattanza [Ω/km]:	0,12	0,11	0,11	0,1	0,099
Portata per posa interrata a 20°C [A]	0,324	0,486	0,557	0,636	0,725

Tabella 1 – Caratteristiche cavi 30 kV di progetto

La tabella che segue riporta il dimensionamento delle linee elettriche:

LINEA	TRATTE	CARTELLA	ARMFO	Capacità cavo [µmF]	Longhezza cavo [m]	Potenza per [kW]	Corrente nominale [A]	Potenza cavo nominale [A]	N. circuiti per la sez. di cavo	Coefficiente di potenza	Potenza cavo curva [A]	Dimensione minima in potenza	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza perduto [kW]	ΔV %	ΔV % / km	Potenza per [kW]	Sp %	Sp/km		
MTR1	SOTTOCAMPO A	35.1-35.2	35.1	35.2	3x150	47	333	61.4	30	1	1.726	23033	39	1.453	1.778	0.01	1.27%	1.27%	2351	1.27%	2301	
		35.2-35.3	35.2	35.3	3x150	25	664	39.82	46	1	1.726	35111	39	1.236	1.222	0.11	1.23%	1.23%	149	1.23%	1494	
		35.3-35.4	35.3	35.4	3x150	71	990	101.73	87	1	1.726	45287	39	1.217	1.221	0.281	1.23%	1.23%	2285	1.23%	2259	
	SOTTOCAMPO B	35.4-35.5	35.4	35.5	3x150	82	1138	129.42	86	1	1.726	46181	39	1.242	1.222	0.461	1.23%	1.23%	1383	1.23%	1333	
		35.5-35.6	35.5	35.6	3x150	36	365	76.46	30	1	1.726	23033	39	1.272	1.217	0.11	1.23%	1.23%	1621	1.23%	1623	
		35.6-35.7	35.6	35.7	3x150	81	937	91.31	46	1	1.726	35111	40	1.276	1.221	0.401	1.23%	1.23%	1561	1.23%	1560	
	SOTTOCAMPO C	35.7-35.8	35.7	35.8	3x150	80	432	171.83	30	1	1.726	23033	37	1.213	1.247	0.11	1.23%	1.23%	2421	1.23%	2420	
		35.8-35.9	35.8	35.9	3x150	24	366	66.78	30	1	1.726	23033	40	1.262	1.221	0.261	1.23%	1.23%	2496	1.23%	2496	
	SOTTOCAMPO D	35.9-36.0	35.9	36.0	3x150	11	989	220.21	87	1	1.726	45287	39	1.216	1.212	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1412	
		36.0-36.1	36.0	36.1	3x150	41	432	171.83	30	1	1.726	23033	37	1.216	1.223	0.11	1.23%	1.23%	1183	1.23%	1183	
	MTR2	SOTTOCAMPO E	36.1-36.2	36.1	36.2	3x150	239	563	78.18	46	1	1.726	35111	39	1.276	1.223	0.231	1.23%	1.23%	2336	1.23%	2336
			36.2-36.3	36.2	36.3	3x150	261	1126	104.81	86	1	1.726	46181	39	1.232	1.223	0.221	1.23%	1.23%	1421	1.23%	1403
36.3-36.4			36.3	36.4	3x150	81	351	71.83	30	1	1.726	23033	39	1.402	1.266	0.11	1.23%	1.23%	2421	1.23%	2328	
MTR3	SOTTOCAMPO F	36.4-36.5	36.4	36.5	3x150	31	719	91.81	46	1	1.726	35111	41	1.246	1.222	0.246	1.23%	1.23%	2481	1.23%	2483	
		36.5-36.6	36.5	36.6	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
		36.6-36.7	36.6	36.7	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
MTR4	LINEA MTR1 - MTR4	36.7-36.8	36.7	36.8	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR1 - MTR4	36.8-36.9	36.8	36.9	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR2 - MTR4	36.9-37.0	36.9	37.0	3x150	200	1126	104.81	86	1	1.726	46181	39	1.212	1.221	0.221	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR3 - MTR4	37.0-37.1	37.0	37.1	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
MTR5	LINEA MTR4 - SIE	37.1-37.2	37.1	37.2	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR4 - SIE	37.2-37.3	37.2	37.3	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR4 - SIE	37.3-37.4	37.3	37.4	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
	LINEA MTR4 - SIE	37.4-37.5	37.4	37.5	3x150	110	1180	120.81	80	1	1.726	46181	41	1.212	1.211	0.211	1.23%	1.23%	1411	1.23%	1411	
POTENZE COMPLETE						38249															36143	
																						0.32%

3.2. PARCO FOTOVOLTAICO

Relativamente alla sola componentistica elettrica, il parco fotovoltaico nel suo complesso risulta composto da:

- ✓ Moduli fotovoltaici;
- ✓ String box/inverter;

COMMITTENTE



PROGETTISTA



CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRr010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	10

- ✓ N. 4 cabine MTR (Main Technical Room) per la connessione e la distribuzione, nella quale verranno convogliate tutte le linee MT che provengono dai vari sottocampi (siano essi formati dalla singola PS o da gruppi di PS collegate in entra-esce);
- ✓ N. 15 Power Station (PS). Le Power Station avranno la funzione (dopo che l'energia sia stata convertita da corrente continua a corrente alternata tramite gli inverter in esse presenti) di elevare la tensione da bassa a media tensione; il sistema prevede un collegamento ove possibile in entra-esce o alternativamente in modo diretto con le cabine principali di impianto. Ciascun sottocampo così creato, sarà elettricamente indipendente dagli altri: le Power Station trasporteranno potenza variabile da 3260,6 kW sino a 5658,1 kW.
- Sistema di monitoraggio e telecontrollo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento del parco fotovoltaico e le eventuali anomalie.
- Cavi di collegamento CC dalle stringhe agli string box;
- Cavi di collegamento CC dagli string box alle Power station;
- Cavi di collegamento MT fra le power station.

3.3. SISTEMA BESS

Il sistema, come evidenziato nello Schema elettrico unifilare, a seconda della soluzione tecnica finale, sarà presumibilmente costituito da:

- n°40 container (20 ft) di batterie lithium-ion aventi una capacità energetica utile pari rispettivamente a circa 3,0 MWh;
- n°3 unità di conversione PCS (POWER CONVERSION SYSTEM) Power Station FSK HV C Series 1.500 Vdc con sistema di conversione DC/AC da 7,86 MVA;
- n°1 unità di conversione PCS (POWER CONVERSION SYSTEM) Power Station FSK HV C Series 1.500 Vdc con sistema di conversione DC/AC da 3,93 MVA;
- Sistema interno BT di alimentazione dei servizi ausiliari e dei servizi generali di ciascuna unità accumulo;
- N°1 dorsale in MT a 30 kV, interrata per il collegamento delle 4 unità di conversioni al quadro MT presente in cabina MTR4 sita in adiacenza ai container di storage.

3.4. SOTTOSTAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE 30/220 KV

Il parco agro-fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 220/30 kV, da ubicarsi presso il Comune di Monreale, in provincia di Palermo in C/da Volta di Falce (particella n. 656 e 653 del foglio 155), nelle immediate vicinanze della Stazione elettrica (SE) Terna 220 kV "Monreale" di futura realizzazione (connessione entra-esce sulla linea a 220 kV "Partinico-Partanna".

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	11

L'elevazione della tensione da 20 kV a 220 kV avverrà per il tramite di un trasformatore MT/AT di potenza pari a 50/63 MVA.

La Sottostazione produttore X-ELIO interessa un'area di forma rettangolare di larghezza pari a circa 32,5 m e di lunghezza pari a circa 37,0 m, interamente recintata accessibile e tramite un cancello carrabile largo 7,00 m. Il sito è accessibile dalla Regia Trazzera

3.5. ELETTRODOTTO AT

Il presente progetto prevede un collegamento diretto fra la sottostazione elettrica di utente e la stazione Terna. Il collegamento fra SSE utente (X-elio) ed SE Terna avverrà attraverso un sistema di cavi AT interrati, che partiranno dallo stallo AT presente nella nuova SSEU X-ELIO sino a giungere al castelletto cavi dedicato presso la SE TERNA.

L'elettrodotto in oggetto sarà costituito da una terna di cavi AT in alluminio con isolamento XPLE, tensione di esercizio 220 kV, in formazione 3x1x1600 mm², posati ad una profondità minima di 1,50 m. La dimensione del cavo è idonea al trasporto dell'energia dell'intera SSE (compresi stalli di altri produttori)

Il tracciato dell'elettrodotto ricade in parte all'interno delle viabilità di accesso alle due stazioni elettriche, e in parte su viabilità pubblica esistente, per la quale verrà inoltrata apposita istanza di concessione per la posa e l'esercizio degli elettrodotti.

La tabella che segue riporta il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato AT di collegamento con la SE. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto di opportuni fattori correttivi.

LINEA	LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm ²]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVar]	ΔV %	ΔV % cumulato
LINEA SSE	SSE	SE TERNA		3x1x1600	550	80,00	553,14	977	1	0,902	881,64	6,3%	0,000	0,000	65,74	0,00%	0,00%

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	12

4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	13

4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	14

5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI INTERRATI MT

5.1. GENERALITÀ

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti interrati, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi unipolari del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio per tutte le sezioni di scavo.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa.

Cavi con isolamento in EPR					
Tensione (kV)	30	30	30	30	30
Sezione (mm²)	150	300	400	500	630
Tipo posa	Trifoglio	Trifoglio	Trifoglio	Trifoglio	Trifoglio
Profondità posa (m)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Tabella 2 – Principali grandezze degli elettrodotti di progetto

Si è quindi valutata la peggiore configurazione di posa che risulta essere quella che prevede all'interno della sezione di scavo la collocazione di n. 6 terne, di cui n. 2 con sezione pari a 500 mm² e n. 4 con sezione pari a 630 mm² in posa a trifoglio (cfr. immagine appresso riportata):

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15

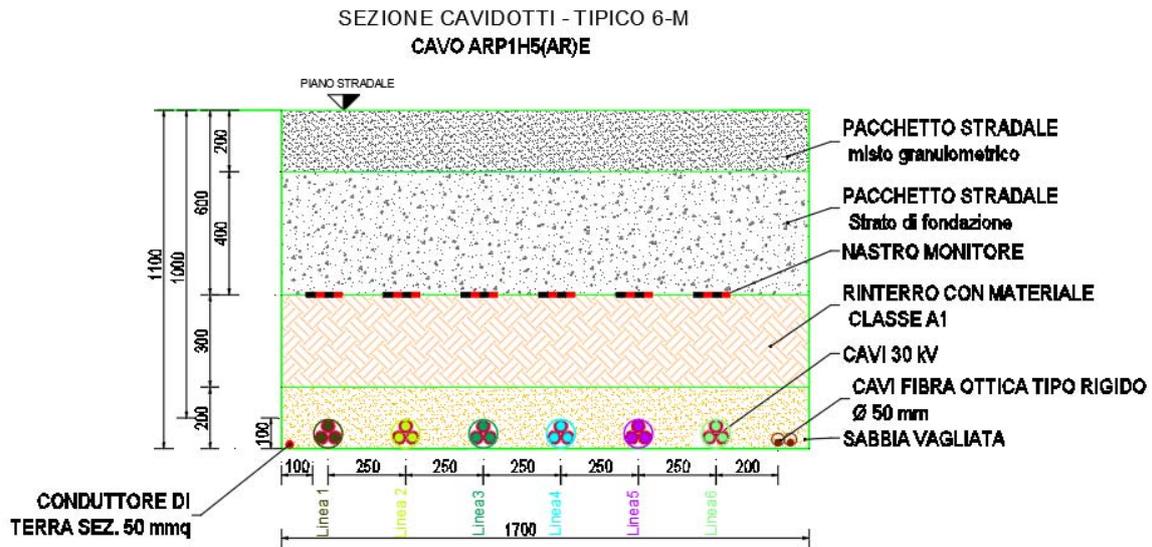


Figura 1 – Sezione tipo di scavo con posa di n. 6 terne

Per tener conto della presenza di n. 6 terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tiene conto del campo magnetico generato da ogni singola terna. Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, prende in considerazione le componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum I_i I_j \left[\frac{y_i - y_j}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum I_i I_j \left[\frac{x_i - x_j}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Per il modello del sistema si considerano cavi unipolari posati a trifoglio.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	16

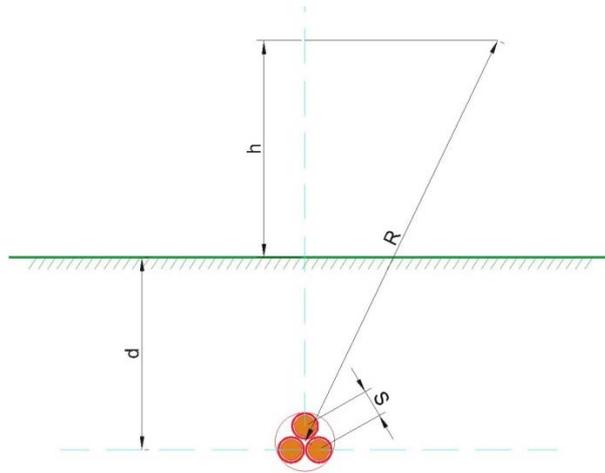


Figura 2 – Modello geometrico posto a base dei calcoli

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula (indicativa per due terne e che si ripete in modo assolutamente equivalente):

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - a)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - a)^2}$$

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	17

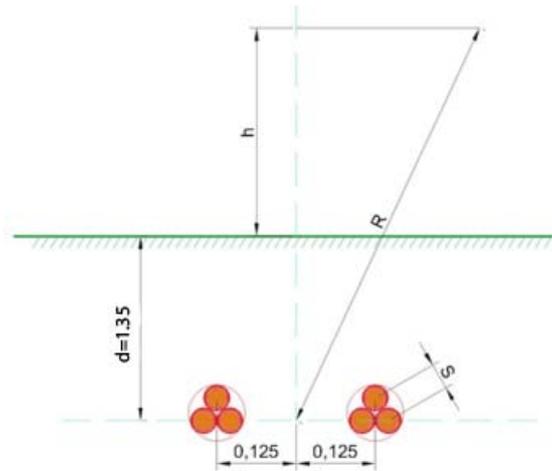


Figura 3 – Modello geometrico posto a base dei calcoli

Nel paragrafo seguente viene valutato il campo elettromagnetico per il caso scelto che a vantaggio di sicurezza contemplerà la posa di n. 6 trine ciascuna delle quali con sezione pari a 630 mm^2 in posa a trifoglio nella stessa trincea di scavo (la distanza tra conduttori adiacenti è posta pari a 6,1 cm che è il diametro esterno del cavo di sezione pari a 630 mm^2 , percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della trina i-esima)

5.2. VALUTAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO NEL CASO SCELTO

Le condizioni di calcolo secondo cui sono state eseguite le valutazioni dei campi magnetici sono le seguenti:

Condizioni operative	T1	T2	T3	T4	T5	T6	U.M.
Sezione	3x630	3x630	3x630	3x630	3x630	3x630	mm^2
Distanza dall'asse y	-0,625	-0,375	-0,125	0,125	0,375	0,625	m
Portata cavo nominale	725	725	725	725	725	725	A
Portata cavo corretta	540,10	540,10	540,10	540,10	540,10	540,10	A
Profondità di posa	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	m

Tabella 3 – Condizioni di calcolo

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione che tengono conto delle condizioni di esercizio.

La tabella che segue mostra il calcolo dei valori della distribuzione, con un intervallo di calcolo

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	18

dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,4660577	0,4556829	0,4437078	0,4304168	0,4160977
-9,50	0,5143072	0,5016944	0,4872094	0,4712238	0,4541078
-9,00	0,5703186	0,5548395	0,5371663	0,5177893	0,4971881
-8,50	0,6358136	0,6166197	0,5948537	0,5711691	0,5461915
-8,00	0,7130061	0,688935	0,6618553	0,6326466	0,6021301
-7,50	0,8047752	0,7742098	0,740147	0,7037829	0,6662001
-7,00	0,9149089	0,875562	0,8322036	0,7864745	0,7398057
-6,50	1,048454	0,9970328	0,9411307	0,8830152	0,8245744
-6,00	1,2122193	1,1438923	1,0708212	0,9961518	0,9223544
-5,50	1,4155048	1,3230409	1,226126	1,1291153	1,0351728
-5,00	1,6711554	1,5435094	1,4130042	1,2855835	1,1651221
-4,50	1,9970528	1,817018	1,6385658	1,4695024	1,3141247
-4,00	2,4181176	2,1584268	1,9108224	1,6846313	1,4835016
-3,50	2,9686182	2,5856001	2,2377756	1,9336142	1,6732648
-3,00	3,6936009	3,1175419	2,6252132	2,2163267	1,8810748
-2,50	4,6454169	3,7684801	3,0723597	2,5273353	2,1009243
-2,00	5,8648966	4,53441	3,564854	2,8527318	2,3218723
-1,50	7,3289641	5,3703318	4,0664408	3,167581	2,5275386
-1,00	8,8610449	6,1673181	4,5149059	3,4364515	2,6973448
-0,50	10,0826	6,7580604	4,8312417	3,6196263	2,8101645
0,00	10,555919	6,9782301	4,9460214	3,684857	2,8498065
0,50	10,0826	6,7580604	4,8312417	3,6196263	2,8101645
1,00	8,8610449	6,1673181	4,5149059	3,4364515	2,6973448
1,50	7,3289641	5,3703318	4,0664408	3,167581	2,5275386
2,00	5,8648966	4,53441	3,564854	2,8527318	2,3218723
2,50	4,6454169	3,7684801	3,0723597	2,5273353	2,1009243
3,00	3,6936009	3,1175419	2,6252132	2,2163267	1,8810748
3,50	2,9686182	2,5856001	2,2377756	1,9336142	1,6732648
4,00	2,4181176	2,1584268	1,9108224	1,6846313	1,4835016
4,50	1,9970528	1,817018	1,6385658	1,4695024	1,3141247
5,00	1,6711554	1,5435094	1,4130042	1,2855835	1,1651221
5,50	1,4155048	1,3230409	1,226126	1,1291153	1,0351728
6,00	1,2122193	1,1438923	1,0708212	0,9961518	0,9223544
6,50	1,048454	0,9970328	0,9411307	0,8830152	0,8245744
7,00	0,9149089	0,875562	0,8322036	0,7864745	0,7398057
7,50	0,8047752	0,7742098	0,740147	0,7037829	0,6662001
8,00	0,7130061	0,688935	0,6618553	0,6326466	0,6021301
8,50	0,6358136	0,6166197	0,5948537	0,5711691	0,5461915
9,00	0,5703186	0,5548395	0,5371663	0,5177893	0,4971881
9,50	0,5143072	0,5016944	0,4872094	0,4712238	0,4541078
10,00	0,4660577	0,4556829	0,4437078	0,4304168	0,4160977

Tabella 4 – Calcolo del campo magnetico

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	19

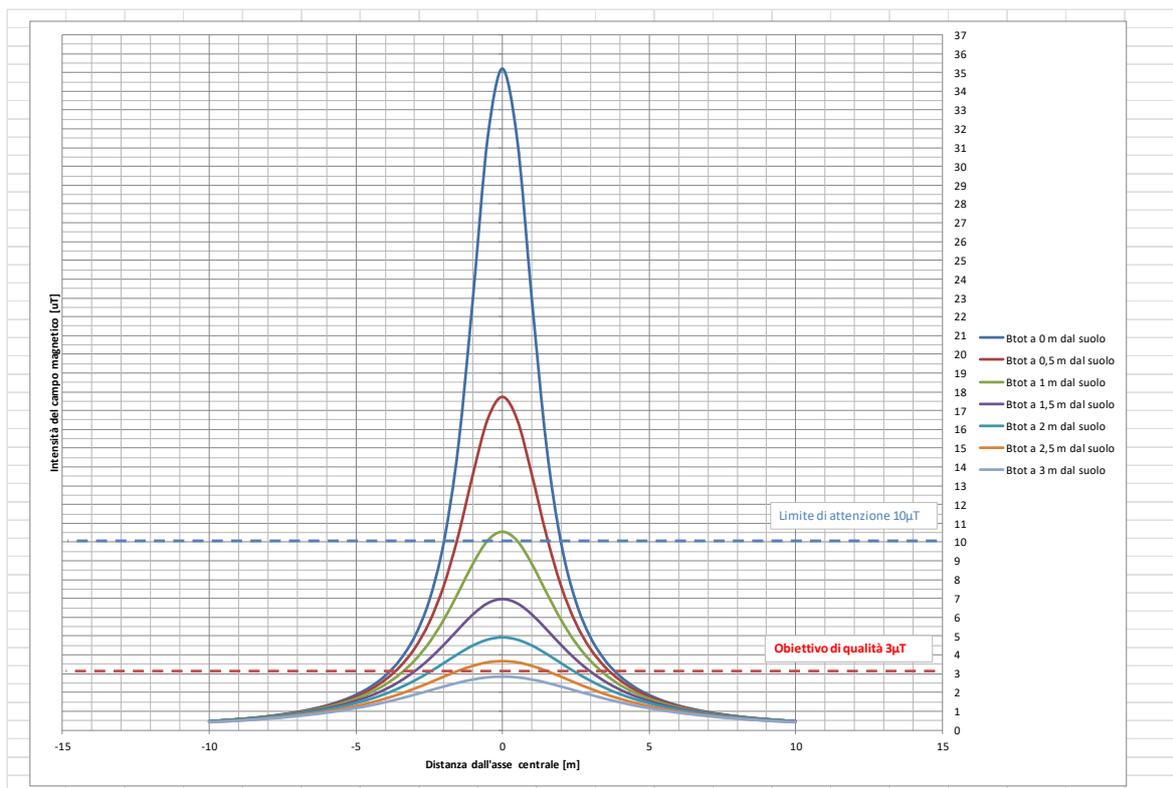


Figura 4 – Distribuzione dei valori del campo magnetico

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $10,55 \mu\text{T}$ superiore anche al limite di attenzione seppur di poco. Risulta, quindi, necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a 3,5 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a circa $2,97 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto in argomento, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 7,00 m, centrata sull'asse dell'elettrodotto (DPA pari a 3,50 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda, inoltre, che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema. Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	20

produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transitanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 40-60%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 40-60 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μ T che il limite di attenzione di 10 μ T fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

In ultimo, si osservi che la fascia complessiva di 7,00 m va applicata al percorso esterno dell'elettrodotto in MT sino alla SSEU.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	21

6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAL PARCO FOTOVOLTAICO E DAL SISTEMA BESS

6.1. GENERALITÀ

Le principali componenti del parco fotovoltaico che risultano essere fonte di campi elettromagnetici sono le Power Station, PS, al cui interno è presente un trasformatore BT/MT e gli inverter. La Main Technical Room, MTR può essere considerato come un punto di raccolta dell'energia a 30 kV, quindi per la MTR potrà essere considerata la DPA calcolata per il caso trattato al precedente paragrafo 5.2.

All'interno delle cabine di servizio del sistema BESS, denominate PCS (POWER CONVERSION SYSTEM), è installata la medesima componentistica presente all'interno delle Power Station.

Le sorgenti operano con correnti e tensioni di esercizio tali che i campi elettromagnetici prodotti risultano estinti nell'arco di pochi metri dalle sorgenti stesse.

Per quanto riguarda gli inverter, il progetto prevede l'utilizzo di prodotti conformi alla normativa CEM, ed in particolare alle norme EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, EN 62103, EN 50178, FCC Part15, AS 3100.

Inoltre, la struttura metallica entro la quale tali apparecchiature sono collocate, funge da ulteriore schermatura per i campi elettrici, attenuandone ulteriormente l'intensità.

6.2. CABINA PRINCIPALE DI IMPIANTO MTR

Relativamente alle cabine principali di impianto, denominate MTR, si fa notare come tale cabina secondaria consista in una cabina di smistamento e non di trasformazione.

Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la DPA (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Per le n. 4 cabine MTR, si considererà una DPA pari a 5,00 m, così come calcolato al paragrafo 5.2.

Dalla consultazione della planimetria di impianto, si rileva che le MTR sono distanti decine di metri da aree interessate da fruizione pubblica; al massimo la DPA ricade all'interno della fascia di mitigazione alberata, non interessata dalla presenza continuativa dell'uomo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	22

6.3. POWER STATION E POWER CONVERSION SYSTEM

Relativamente alle PS e alle PCS, assimilabili a cabine secondarie di trasformazione, sono state individuate le distanze di prima approssimazione secondo quanto indicato dalle linee guida ENEL già citate e, in particolare, all'allegato B10 della guida e alle formule di calcolo contenute nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008.

La DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (x), ossia conduttore più isolante.

La relazione da applicare è la seguente:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.6241} * \sqrt{I}$$

Le Power Station sono dotate di inverter, che consente la trasformazione della corrente continua prodotta dai pannelli in corrente alternata e da trasformatore che eleva la potenza da 0,6 kV a 30 kV. Il progetto prevede due tipologie di inverter:

- ✓ Uno di potenza pari a 3.280 kVA,
- ✓ Uno di potenza pari a 6.560 kVA.

La Power Station con configurazione più gravosa dei cavi in ingresso e uscita è quella con cavi di sezione pari a 500 mm² e almeno n. 2 terne. Il valore del diametro x risulta pari a 56 mm. La portata nominale del cavo è pari a 636 A che viene raddoppiata a 1.272 A per tenere conto della presenza di n. 2 terne.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 3,22 m.

Tuttavia, a vantaggio di sicurezza si sceglie di imporre una DPA pari a 5,00 m uguale a quella imposta per le MTR di cui detto al paragrafo precedente.

Stessa DPA si impone all'area BESS.

Dalla consultazione della planimetria di impianto, si rileva che le PS:

- ✓ nella maggior parte dei casi sono distanti decine di metri da aree interessate da fruizione pubblica; pertanto, la DPA ricade certamente all'interno delle aree di impianto;
- ✓ in alcuni casi le PS sono prossime alle recinzioni il che comporta che la DPA ricade appena all'interno della fascia di mitigazione alberata, non interessando comunque aree sensibili a causa della presenza continuativa dell'uomo.

Con riferimento all'area BESS, imponendo una DPA di 5,00 m attorno a tutte le cabine/container, si rileva che lo stesso ricadrà sempre all'interno dell'area, interessando al più la fascia di mitigazione alberata.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	23

7. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSEU

La SSEU MT/AT è una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di definire la relativa Distanza di Prima Approssimazione (DPA):

- Sbarre AT in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di BT, trasformatori MT/BT, trasformatori AT/MT, apparecchiature in BT, ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

Il gestore di rete ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento “Linee Guida per l’applicazione del p.5.1.3 dell’Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell’allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire dal centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell’area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT,
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

Le DPA in parte ricadranno all'esterno delle aree interessate dalle opere. Si ricordi, tuttavia, che le aree in argomento ricadono in zona agricola e sono distanti decine di metri da siti interessati dalla presenza continuativa dell'uomo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	24

8. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALL'ELETTRODOTTO INTERRATO AT

Quella che viene presentata in questo capitolo è una valutazione analitica del campo magnetico generato dall'elettrodotto AT in argomento, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi in Alta Tensione in posa interrata a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.6.2.3 indica le modalità di calcolo.

Di seguito il modello geometrico posto a base dei calcoli che prevede cavi unipolari posati a trifoglio.

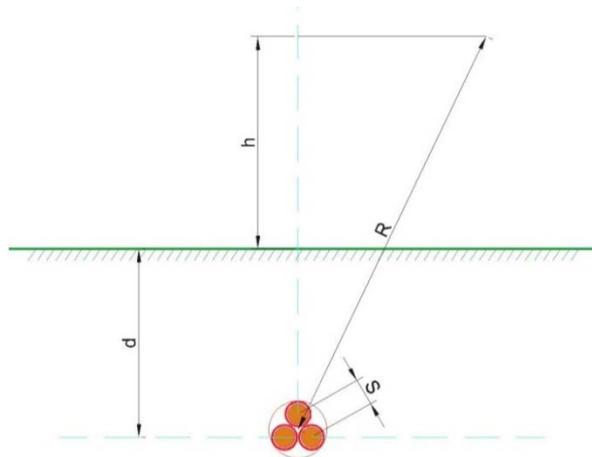


Figura 5 – Modello geometrico posto a base dei calcoli

Come suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (11 cm pari al diametro esterno dei conduttori), percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	25

Condizioni operative	Terna 1	U.M.
Sezione	3x1600	mm ²
Distanza dall'asse y	0	m
Portata cavo nominale	977	A
Portata cavo corretta	881,64	A
Profondità di posa	1,50	m

Tabella 5 – Condizioni operative dell'elettrodotto AT

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione che tengono conto delle condizioni di esercizio (cfr. paragrafo 3.5).

La tabella che segue mostra il calcolo dei valori della distribuzione, con un intervallo di calcolo dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,223578819	0,217938069	0,211628058	0,204786634	0,197548852
-9,50	0,246168389	0,239347602	0,231758532	0,223578819	0,214979634
-9,00	0,272266647	0,263947217	0,254747984	0,244899479	0,234619748
-8,50	0,302614643	0,292372302	0,281127213	0,269181298	0,256813508
-8,00	0,338153018	0,325414377	0,311544256	0,296940619	0,281961418
-7,50	0,380083992	0,364065127	0,346791964	0,328792381	0,310526137
-7,00	0,429959267	0,409573267	0,387840808	0,365465377	0,343036094
-6,50	0,489798959	0,463517064	0,435876138	0,407815442	0,380083992
-6,00	0,562254426	0,527894433	0,492336777	0,456831721	0,422315547
-5,50	0,650828754	0,605229287	0,558947047	0,513627016	0,47040098
-5,00	0,760167984	0,698683809	0,637724819	0,579396329	0,52497789
-4,50	0,89642451	0,812145282	0,730930754	0,655317228	0,58654937
-4,00	1,067651663	0,95020998	0,840893788	0,742351547	0,655317228
-3,50	1,284067541	1,117894094	0,969602021	0,840893788	0,730930754
-3,00	1,557721279	1,319736084	1,117894094	0,95020998	0,812145282
-2,50	1,90041996	1,557721279	1,284067541	1,067651663	0,89642451
-2,00	2,317585318	1,827326885	1,461861508	1,187762475	0,979597918
-1,50	2,794735236	2,111577734	1,638293069	1,301657507	1,055788867
-1,00	3,276586139	2,375524951	1,792849019	1,397367618	1,117894094
-0,50	3,65465377	2,568135082	1,90041996	1,461861508	1,158792659
0,00	3,800839921	2,639472167	1,939204041	1,484703094	1,173098741
0,50	3,65465377	2,568135082	1,90041996	1,461861508	1,158792659
1,00	3,276586139	2,375524951	1,792849019	1,397367618	1,117894094
1,50	2,794735236	2,111577734	1,638293069	1,301657507	1,055788867
2,00	2,317585318	1,827326885	1,461861508	1,187762475	0,979597918
2,50	1,90041996	1,557721279	1,284067541	1,067651663	0,89642451
3,00	1,557721279	1,319736084	1,117894094	0,95020998	0,812145282
3,50	1,284067541	1,117894094	0,969602021	0,840893788	0,730930754
4,00	1,067651663	0,95020998	0,840893788	0,742351547	0,655317228
4,50	0,89642451	0,812145282	0,730930754	0,655317228	0,58654937
5,00	0,760167984	0,698683809	0,637724819	0,579396329	0,52497789
5,50	0,650828754	0,605229287	0,558947047	0,513627016	0,47040098

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	26

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
6,00	0,562254426	0,527894433	0,492336777	0,456831721	0,422315547
6,50	0,489798959	0,463517064	0,435876138	0,407815442	0,380083992
7,00	0,429959267	0,409573267	0,387840808	0,365465377	0,343036094
7,50	0,380083992	0,364065127	0,346791964	0,328792381	0,310526137
8,00	0,338153018	0,325414377	0,311544256	0,296940619	0,281961418
8,50	0,302614643	0,292372302	0,281127213	0,269181298	0,256813508
9,00	0,27226647	0,263947217	0,254747984	0,244899479	0,234619748
9,50	0,246168389	0,239347602	0,231758532	0,223578819	0,214979634
10,00	0,223578819	0,217938069	0,211628058	0,204786634	0,197548852

Tabella 6 – Calcolo del campo magnetico

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

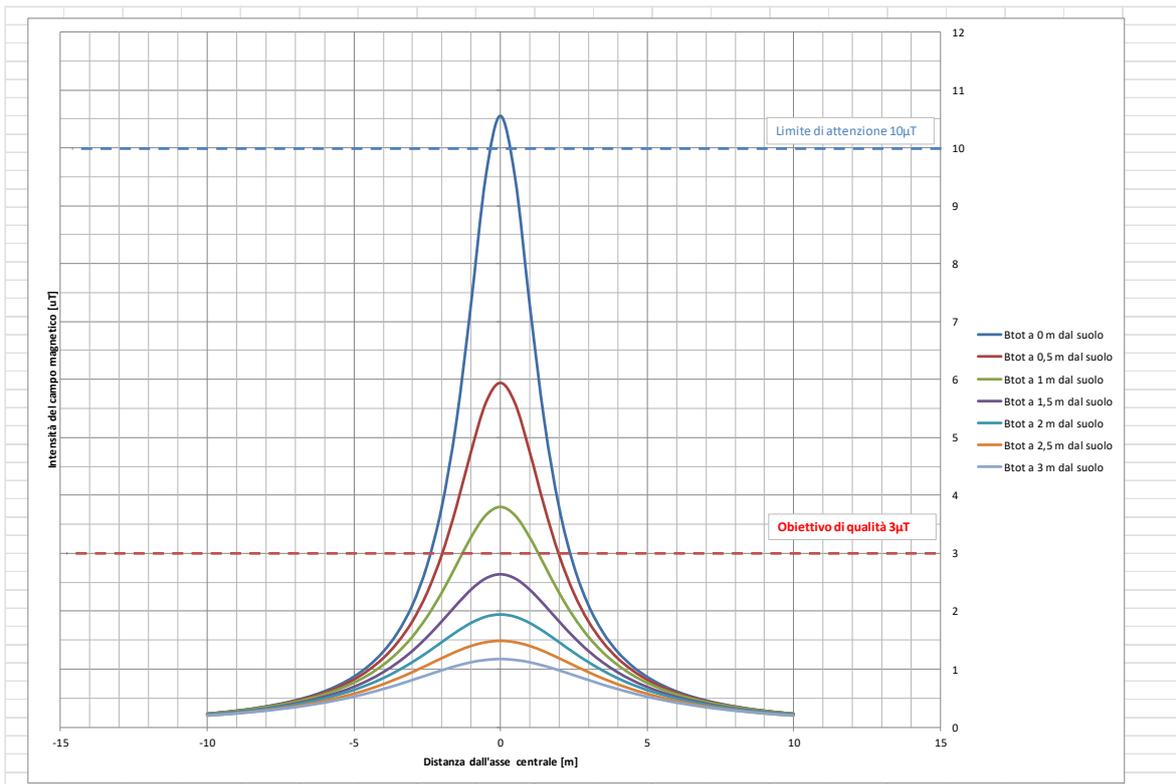


Figura 6 – Distribuzione dei valori del campo magnetico

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRrti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	27

corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $3,80 \mu\text{T}$, superiore seppur di poco all'obiettivo di qualità imposto dalla norma. Risulta, quindi, necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,50 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,79 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto in argomento, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,00 m, centrata sull'asse dell'elettrodotto (DPA pari a 1,50 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Tale fascia andrà imposta lungo l'intero tracciato dell'elettrodotto AT.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
R.10 – XELI774PDRti010R0	IMPIANTO AGROVOLTAICO "AGV CALTAFALSA" RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI	28

9. CONCLUSIONI

Dalle valutazioni condotte nel corpo del presente documento, si conclude che in quasi tutti i casi considerati, le DPA ricadono all'interno del perimetro di impianto.

Nei restanti casi relativi ad alcune PS prossime alle recinzioni, la DPA ricade appena fuori dalle aree di impianto non interessando, comunque, siti sensibili a causa della presenza dell'uomo. Le stesse considerazioni possono farsi per l'area interessata dalla SSEU.

In ultimo si ricordi che:

- ✓ per l'elettrodotto esterno in MT è stata individuata una fascia di rispetto complessiva di 7,00 m, centrata sull'asse dell'elettrodotto (DPA pari a 3,50 m),
- ✓ per l'elettrodotto in AT è stata individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,00 m, centrata sull'asse dell'elettrodotto (DPA pari a 1,50 m).