

S.E. 380-150-36kV CASTRONOVO

RELAZIONE

Relazione di calcolo dei campi magnetici

REV.	DATE	CUSTOMER - REVISION DESCRIPTION	CHECKED	APPROVED
00	-	-	-	-
		Customer drawing number:		
		Customer Job number:		

REV.	DATE	DESCRIPTION	COMPOSED	CHECKED	APPROVED
B	13/02/2023	Revisione secondo commenti Terna	C&G	R. Clonfero	E. Bassan
A	07/11/2022	Prima emissione	C&G	R. Clonfero	E. Bassan
		Project:	SE 380-150-36kV CASTRONOVO		Format: A4
Job number		RDO 22.024	Plant:		Scale:
Drawing number:		63996	Stabilimento di Mantova		-
Filename:		63996a Relazione di calcolo campi magnetici	Title:		Page 1 /32
Relazione di calcolo dei campi magnetici					
This document contains information proprietary to SAET S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purpose for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of SAET S.p.A. is prohibit.					

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
1.1	Ubicazione dell'intervento	3
1.2	Inquadramento della Stazione Elettrica	3
1.2.1	Configurazione elettromeccanica	4
2	DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	8
2.1	Documentazione di riferimento	8
2.2	Normativa di riferimento	8
3	CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO	11
4	VALUTAZIONE DEI RISCHI DEI LAVORATORI RISPETTO AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	12
4.1	Effetti sanitari dei CEM a bassa frequenza	12
4.1.1	Effetti sanitari a breve termine	13
4.1.2	Effetti sanitari a lungo termine	13
4.2	Verifica dell'esposizione dei lavoratori	14
4.3	Valutazione rischio campi elettromagnetici: fattori da considerare	14
4.4	Misure di prevenzione e protezione dal rischio CEM	15
4.5	Valori limite di esposizione	16
4.6	Valori di azione	18
4.7	Delimitazione delle aree	20
4.8	Formazione ed addestramento del personale	22
4.9	DPI	23
5	SINTESI	23
6	ALLEGATI	25
6.1	Isolinea campo elettrico e magnetico stalli 380 kV	25
6.2	Isolinea campo elettrico e magnetico stalli 150 kV	26
6.3	Isolinea campo magnetico linea in cavo 36 kV	28
6.4	Riepilogo DPA su planimetria SE	28

1 PREMESSA

La costruzione della Stazione Elettrica (SE) di Castronovo si dà come obiettivo il miglioramento degli standard di sicurezza e di continuità di esercizio dell'area ed inoltre accoglierà la produzione derivante da impianti FER che saranno costruiti nella Sicilia occidentale

La progettazione dell'opera è stata sviluppata tenendo in considerazione gli indicatori ambientali e territoriali, i cui risultati hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

1.1 Ubicazione dell'intervento

Tra le possibili soluzioni sul territorio è stata individuata l'ubicazione più funzionale che tiene conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

La nuova SE 380/150/36 kV di Castronovo, sarà ubicata nel comune di Castronovo di Sicilia, provincia di Palermo, a circa 8km a nord est del centro abitato.

L'area interessata, in un contest collineare, ricade in zona agricola, secondo gli strumenti urbanistici vigenti del comune di Castronovo di Sicilia.

È possibile raggiungere l'area attraverso la SS189 per Lercara Friddi in direzione nord, e proseguendo poi verso est attraverso la SP 78 dalla quale, con un nuovo passo carraio-collegamento, si accederà direttamente alla stazione.

L'area è delimitata:

- A nord, sud e ovest da terreni agricoli;
- A est dalla SP 78.

L'accesso all'area è attualmente possibile, dalla SP78, attraverso una strada pavimentata utilizzata prevalentemente da mezzi agricoli; per il futuro accesso alla stazione sarà predisposto un adeguato raccordo sulla SP 78 largo circa 8 m, adeguato al passaggio dei carichi previsti per la realizzazione e l'esercizio/manutenzione della stazione.

La stazione (vedi "Planimetria elettromeccanica" 63093a) interesserà un'area di circa 66.300 m² (area recintata) con dimensioni massime di 336 x 226 m circa; la superficie complessiva interessata dalle opere (area potenzialmente impegnata dai lavori) sarà di circa 100.000 m².

1.2 Inquadramento della Stazione Elettrica

La nuova Stazione Elettrica di Castronovo, nella sua massima configurazione, sarà composta da una sezione a 380 kV, una sezione a 150 kV ed una sezione a 36 kV; con isolamento in aria per la parte all'esterno e con isolamento in gas SF₆ per la parte 36 kV all'interno del fabbricato.

Saranno inoltre installati n. 2 autotrasformatori 380/150 kV e n.9 unità monofasi di trasformazione 380/36 kV, come riportato nello schema unifilare 61366b, nella planimetria elettromeccanica 63093a e nelle sezioni elettromeccaniche 63979a, 63980a, 63981a.

1.2.1 Configurazione elettromeccanica

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato Terna con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 1 sistemi a doppia sbarra;
- n° 2 stalli per parallelo sbarre;
- n° 1 stallo per TIP
- n° 3 stalli linea
- n° 5 stallo linea futura;
- n° 2 stalli ATR;
- n° 2 sistema terra sbarre;
- n° 1 sistema TV sbarre.

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato Terna con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 1 sistema a doppia sbarra;
- n° 1 stallo per parallelo sbarre;
- n° 4 stalli linea
- n° 3 stalli linee future;
- n° 2 stalli ATR;
- n° 3 stalli per unità 3 unità monofasi di trasformazione 380/36 kV ciascuno;
- n° 2 sistemi terra sbarre ;
- n° 2 sistemi per TV sbarre.

La sezione a 36 kV sarà del tipo unificato Terna con isolamento in aria per la parte esterne ed in gas SF6 per la parte all'interno del fabbricato e sarà costituita da:

- n° 2 sistemi a singola sbarra;
- n° 6 reattanze di neutro;
- n° 3+3+3 stalli per unità di trasformazione 380/36 kV;
- n° 4 sistemi congiuntore sbarre MT;
- n° 4 stalli per TS e TV;
- n° 24 celle MT linea produttori.

Relazione di calcolo dei campi magnetici

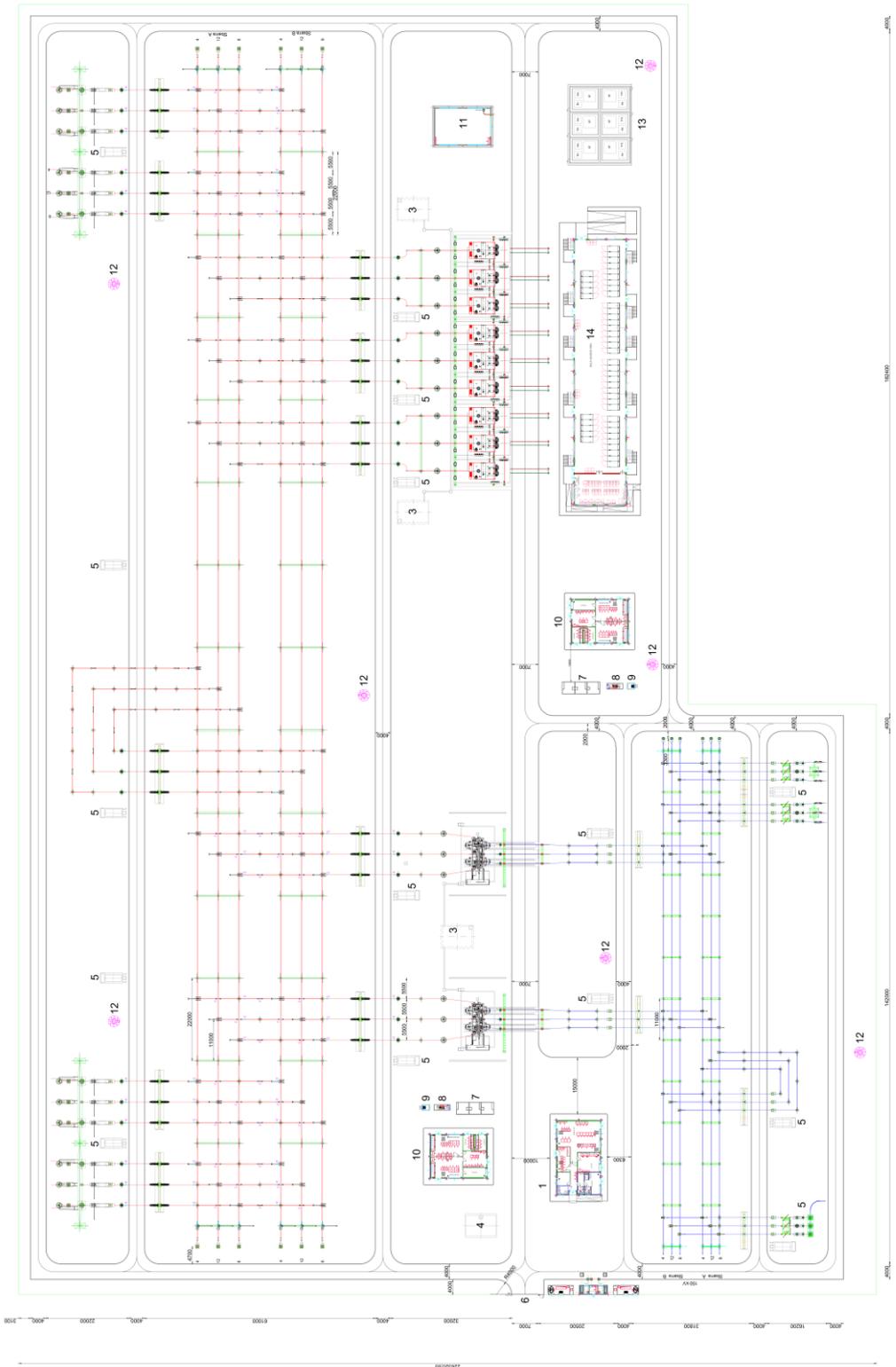


Figura 1-1: Planimetria SE.

Relazione di calcolo dei campi magnetici

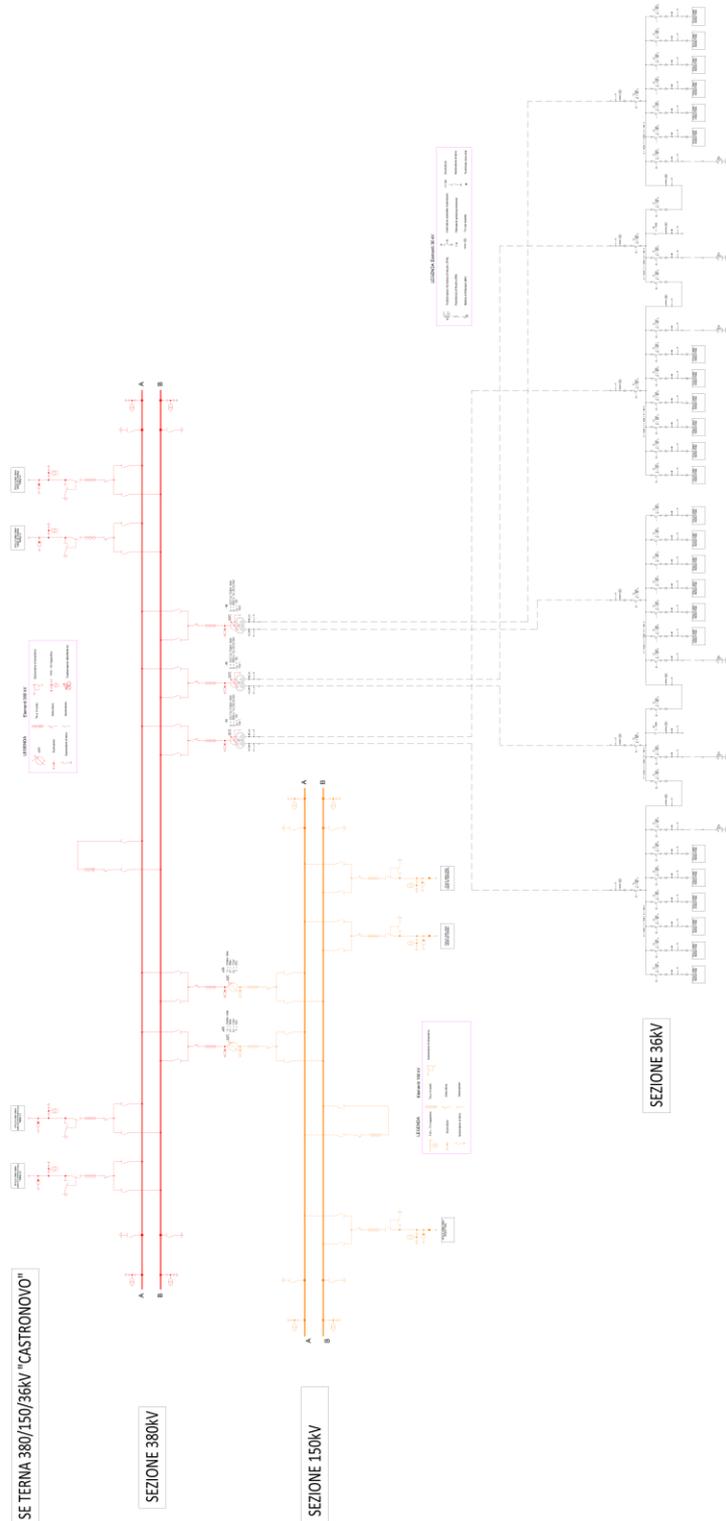


Figura 1-2: Schema unifilare SE.

2 DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di riferimento

Per la valutazione della compatibilità elettromagnetica delle opere, sono stati utilizzati i seguenti documenti:

- 63093a_Planimetria elettromeccanica SE;
- 61366b_Schema unifilare SE;
- STG13-0005-INGSVTIOC - Specifica Tecnica 380 kV rev 01;
- STG13-0003-INGSVTIOC - Specifica Tecnica 132-150 kV rev 01.

2.2 Normativa di riferimento

Per la valutazione della compatibilità elettromagnetica delle opere, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti normativi:

- DPCM 8/7/2003 "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";
- L. n. 36 del 22/02/2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 23/04/1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1";
- Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 Maggio 2008.

La legge del 22 febbraio 2001, n. 36 fornisce le principali definizioni tecniche: L'art. 3, comma 1, lettera b) definisce il limite di esposizione come "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 e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a)", mentre alla lettera c) il valore di attenzione come "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 per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). 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".

Relazione di calcolo dei campi magnetici

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 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. L'art. 4, comma 2, lettera a) prevede che, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della Sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione dalla esposizione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche.

Il DPCM del 23 aprile 1992 disciplina i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Il successivo DPCM dell'8 Luglio 2003 stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni. In estrema sintesi l'atto normativo DPCM del 23 Aprile 1992 individua i seguenti limiti massimi di esposizione: 5 kV/m e 100 μT , rispettivamente per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui gli individui trascorrono una parte significativa della loro giornata. Per il campo magnetico ha stabilito il valore di attenzione di 10 μT , a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha altresì fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 μT . È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

Con riferimento alla normativa sopraindicata, per la stazione in oggetto si verificano l'obiettivo di qualità per il campo magnetico pari a 3 μT e le aree di esposizione a campi elettrici con intensità superiore a 5 kV/m.

Tabella 1

Limiti sull'esposizione a campi elettromagnetici a 50 Hz indicati dal DPCM dell'8 Luglio 2003

Frequenza: 50 Hz Intensità di Campo Elettrico E [kV/m]	Induzione Magnetica B [μT]
Limiti di esposizione	5 / 100
Valore di attenzione	- / 10

Relazione di calcolo dei campi magnetici

Obiettivo di qualità	-	3
----------------------	---	---

3 CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

Per il calcolo delle DPA presso la nuova SE di Castronovo, si considerano come punti di calcolo e di indagine le varie sezioni tipiche dell'impianto. La scelta di più sezioni di calcolo all'interno di uno stesso livello di tensione è determinata dalla valutazione delle diverse altezze da terra dei conduttori, dalla diversa tipologia dei conduttori impiegati (conduttori in corda o tubolari) e dalla diversa configurazione geometrica dei conduttori (singola terna oppure terne disposte affiancate ad esempio).

I dati di input per il calcolo e i risultati ottenuti sono di seguito riportati in tabella; per ciascuna sezione considerata circolerà la corrente nominale massima prevista dall'unificazione. Come richiesto dalla normativa, la DPA viene approssimata all'unità successiva.

Tabella 2: Riepilogo DPA rispetto al campo magnetico.

Descrizione	Diametro [mm]	Altezza conduttori da terra [m]	Tensione [kV]	Corrente Ib [A]	Distanza isolinea 3 μ T da asse sez. [m]	DPA [m]
S380 – Stallo linea (2x)	100	6,5	380	3150	66,27	67
S380 – Sbarre (2x)	200	11,8	380	4000	73,97	74
S380 – Stallo ATR	100	6,5	380	2000	36,13	37
S380 – Stallo parallelo sbarre	100	6,5	380	3150	50,75	51
S380 – Stallo TR 380/36kV	100	6,5	380	2000	69,2	70
S380 – Stallo wide TR 380/36 kV	100	6,5	380	2000	78,17	79
S150 – Stallo linea	100	4,5	150	1250	17,98	18
S150 – Stallo sbarre	100	7,6	150	2000	33,18	34
S150 – Stallo parallelo sbarre	100	4,55	150	2000	22,68	23
S150 – Stallo ATR	100	12,5	150	2000	22,68	23
S150 – Stallo linee (2x)	100	4,5	150	1250	26,98	27
S36 – Linea in cavo	61	-0,7	36	1000	78,17	79

Tabella 3: Riepilogo DPA rispetto al campo elettrico.

Descrizione	Diametro [mm]	Altezza conduttori da terra [m]	Tensione [kV]	Corrente Ib [A]	Distanza isolinea 5kV/m	DPA [m]
-------------	---------------	---------------------------------	---------------	-----------------	-------------------------	---------

					da asse sez. [m]	
S380 – Stallo linea	100	6,5	380	3150	22,72	23
S380 – Sbarre	200	11,8	380	4000	22,9	23
S380 – Stallo ATR	100	6,5	380	2000	22,74	23
S380 – Stallo parallelo sbarre	100	6,5	380	3150	11,7	12
S380 – Stallo TR 380/36kV	100	6,5	380	2000	33,72	34
S380 – Stallo wide TR 380/36 kV	100	6,5	380	2000	35,97	36
S150 – Stallo linea	100	4,5	150	1250	4,83	5
S150 – Stallo sbarre	100	7,6	150	2000	9,9	10
S150 – Stallo parallelo sbarre	100	4,55	150	2000	4,82	5
S150 – Stallo ATR	100	12,5	150	2000	4,61	5
S150 – Stallo linee (2x)	100	4,5	150	1250	10,37	11
S36 – Linea in cavo	61	-0,7	36	1000	n.a.	n.a.

I grafici con le isolinee per il campo magnetico (3 μ T) ed elettrico (5 kV/m) sono riportati in allegato al presente documento.

4 VALUTAZIONE DEI RISCHI DEI LAVORATORI RISPETTO AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

4.1 Effetti sanitari dei CEM a bassa frequenza

Negli elettrodotti è importante chiarire che l'intensità del campo elettrico prodotto dipende dalla tensione dei conduttori, mentre il campo magnetico dipende dalle cariche elettriche in movimento lungo i conduttori (corrente elettrica).

Come per altri tipi di inquinamento, l'interazione tra radiazione elettromagnetica ed organismo vivente si può manifestare attraverso due tipologie di effetti: effetti acuti (effetti sanitari a breve termine) ed effetti cronici (effetti sanitari a lungo termine). È inoltre necessario evidenziare che ad un effetto biologico non corrisponde necessariamente un danno irreversibile dell'organismo.

4.1.1 Effetti sanitari a breve termine

Gli effetti acuti sono effetti immediati ed oggettivi che terminano al cessare dell'esposizione, accertabili sperimentalmente al di là di ogni ragionevole dubbio ed ampiamente documentati nella letteratura scientifica.

Alle basse frequenze tali effetti sono essenzialmente riconducibili ad una sorta di "interferenza" tra le correnti indotte dal campo elettromagnetico ed i meccanismi fisiologici della percezione sensoriale e dell'attivazione muscolare. Tali effetti possono manifestarsi per intensità di campo molto elevate, raggiungibili in laboratorio.

Ai livelli riscontrabili anche nelle immediate vicinanze di elettrodotti, né il campo elettrico né il campo magnetico producono effetti a breve termine apprezzabili.

Il campo elettrico dà luogo a correnti interne di diversi ordini di grandezza inferiori a quelle associate a fenomeni di elettrocuzione, per effetto di contatto accidentale con conduttori elettrici in tensione. Si riscontrano al più effetti di percezione del campo, a livelli dell'ordine di 1-5 kV/m, da parte di individui particolarmente sensibili, parte dei quali manifesta sensazioni di disagio.

Nessun effetto, neanche di percezione, è invece stato evidenziato per l'esposizione a campi magnetici dell'ordine di quelli riscontrabili in prossimità di linee ad alta tensione.

4.1.2 Effetti sanitari a lungo termine

Con effetti cronici si intendono quegli effetti generati da un'esposizione prolungata nel tempo a campi magnetici, anche di bassa intensità. Tali effetti non possono essere verificati con indagini di laboratorio. È pertanto necessario, al fine di accertare il legame tra esposizione e danni alla salute, svolgere indagini di tipo epidemiologico.

Numerosi studi sono stati sviluppati negli anni al fine di determinare se l'esposizione a campi elettrici e magnetici prodotti dalla generazione, la trasmissione e l'uso dell'energia elettrica avesse o no effetti sulla salute umana.

Gli effetti cancerogeni sono probabilmente il tema di maggiore interesse. Il Comitato Internazionale di Valutazione per l'indagine sui Rischi Sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM), insieme ai maggiori organi competenti internazionali quali IARC, ICNIRP ecc. ha concluso, in seguito ad un'attenta revisione della letteratura, che l'esposizione ai campi ELF (acronimo dell'inglese Extremely Low Frequency), al di sotto dei limiti riportati dalle linee guida dell'ICNIRP (100 micro Tesla) non determinano sicure conseguenze negative sulla salute.

Complessivamente risultano deboli le prove che dimostrano che i campi ELF possono provocare malattie neuro degenerative, quali morbo di Alzheimer o di Parkinson per le persone che svolgono attività lavorative nel campo dell'elettricità.

4.2 Verifica dell'esposizione dei lavoratori

A livello nazionale valgono i limiti fissati dal DPCM 08/07/2003 "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".

Nel decreto vengono fissati i seguenti valori:

- Limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico;
- Valore di attenzione da applicarsi nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere di 10 μT ;
- Obiettivo di qualità di 3 μT

La normativa nazionale di riferimento per la salvaguardia dei lavoratori dai rischi derivanti all'esposizione ai campi elettromagnetici è il D.Lgs. 257 del 19/11/2007 "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)".

In particolare, nella tabella B dell'Allegato VI-bis vengono riportati i valori di azione per i campi elettromagnetici, valore che per la frequenza di 50 Hz è pari a 500 μT (valore di attenzione).

Considerati i valori di induzione magnetica generati dalle varie parti dell'impianto, è possibile affermare che in nessuna parte si genera un'induzione magnetica superiore ai valori previsti della normativa per i lavoratori.

4.3 Valutazione rischio campi elettromagnetici: fattori da considerare

La valutazione dei rischi da CEM permette di comprendere l'entità dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dagli effetti nocivi di tali campi.

Gli effetti possono essere diretti o indiretti, e le normative si pongono l'obiettivo di proteggere la persona da entrambi. I primi sono quelli immediatamente riscontrabili, e che possono provocare ad esempio nausea, riscaldamento del corpo (o parti di esso), effetti su nervi, muscoli o organi sensoriali.

Gli effetti indiretti, invece, insorgono a livelli espositivi più bassi e riguardano, ad esempio:

- interferenze con dispositivi elettronici impiantati passivi (protesi, piastre di metallo, ecc.);
- interferenze con dispositivi elettronici impiantati attivi (come pacemaker o defibrillatori impiantati);
- interferenze con altre attrezzature e dispositivi medici elettronici;
- innesco involontario di detonatori, incendi o esplosioni;

- effetti su schegge metalliche, tatuaggi, body piercing e body art;
- scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto.

Secondo quanto previsto all'art. 209 (comma 4) del D.Lgs. 81/08, in fase di valutazione dei rischi da campi elettromagnetici i fattori da considerare sono:

- livello, spettro di frequenza, durata e tipo di esposizione;
- valori limite di esposizione e valori di azione;
- effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori;
- effetti indiretti (ad esempio, quelli elencati in precedenza);
- esistenza di attrezzature di lavoro alternative, volte a ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai CEM;
- informazioni raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria;
- sorgenti multiple di esposizione;
- esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

4.4 Misure di prevenzione e protezione dal rischio CEM

Per la valutazione dei rischi, vengono presi come riferimento due parametri fondamentali: valori limite di esposizione e valori di azione.

I primi si basano sugli effetti sulla salute (accertati) e su considerazioni biologiche, in modo che i lavoratori esposti siano protetti contro gli effetti nocivi a breve termine.

I valori limite di azione, invece, riguardano parametri direttamente misurabili, come:

- intensità di campo elettrico (E);
- intensità di campo magnetico (H);
- induzione magnetica (B);
- densità di potenza (S).

In base ai dati rilevati, dopo che l'impianto verrà messo in esercizio andrà stabilito se e quali misure di prevenzione e protezione mettere in atto. Tuttavia si dovrà tenere in considerazione:

- altri metodi di lavoro che implicino una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, a seconda del lavoro da svolgere;
- misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso (se necessario) l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;

- appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni;
- limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Il rispetto dei valori limite di azione assicura, quindi, anche quello dei valori limite di esposizione.

4.5 Valori limite di esposizione

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti grandezze fisiche:

sono definiti valori limite di esposizione per la densità di corrente relativamente ai campi variabili nel tempo fino a 1 Hz, al fine di prevenire effetti sul sistema cardiovascolare e sul sistema nervoso centrale;

fra 1 Hz e 10 MHz sono definiti valori limite di esposizione per la densità di corrente, in modo da prevenire effetti sulle funzioni del sistema nervoso;

fra 100 kHz e 10 GHz sono definiti valori limite di esposizione per il SAR, in modo da prevenire stress termico sul corpo intero ed eccessivo riscaldamento localizzato dei tessuti. Nell'intervallo di frequenza compreso fra 100 kHz e 10 MHz, i valori limite di esposizione previsti si riferiscono sia alla densità di corrente che al SAR;

fra 10 GHz e 300 GHz sono definiti valori limite di esposizione per la densità di potenza al fine di prevenire l'eccessivo riscaldamento dei tessuti della superficie del corpo o in prossimità della stessa.

Tabella 4
Valori limite di esposizione (articolo 208, comma 1).
Tutte le condizioni devono essere rispettate.

Relazione di calcolo dei campi magnetici

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per capo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 – 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 – 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz – 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz – 10 Mhz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz – 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 – 300 GHz	/	/	/	/	50

Note:

1. f è la frequenza in Hertz.

2. I valori limite di esposizione per la densità di corrente si prefiggono di proteggere dagli effetti acuti, risultanti dall'esposizione, sui tessuti del sistema nervoso centrale nella testa e nel torace. I valori limite di esposizione nell'intervallo di frequenza compreso fra 1 Hz e 10 MHz sono basati sugli effetti nocivi accertati sul sistema nervoso centrale. Tali effetti acuti sono essenzialmente istantanei e non v'è alcuna giustificazione scientifica per modificare i valori limite di esposizione nel caso di esposizioni di breve durata. Tuttavia, poiché i valori limite di esposizione si riferiscono agli effetti nocivi sul sistema nervoso centrale, essi possono permettere densità di corrente più elevate in tessuti corporei diversi dal sistema nervoso centrale a parità di condizioni di esposizione.

3. Data la non omogeneità elettrica del corpo, le densità di corrente dovrebbero essere calcolate come medie su una sezione di 1 cm² perpendicolare alla direzione della corrente.

4. Per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di picco della densità di corrente possono essere ottenuti moltiplicando il valore efficace rms per $(2)^{1/2}$.

5. Per le frequenze fino a 100 kHz e per i campi magnetici pulsati, la massima densità di corrente associata agli impulsi può essere calcolata in base ai tempi di salita/discesa e al tasso massimo di variazione dell'induzione magnetica. La densità di corrente indotta può essere confrontata con il corrispondente valore limite di esposizione. Per gli impulsi di durata t_p la frequenza equivalente per l'applicazione dei limiti di esposizione va calcolata come $f = 1/(2t_p)$.

6. Tutti i valori di SAR devono essere ottenuti come media su un qualsiasi periodo di 6 minuti.

7. La massa adottata per mediare il SAR localizzato è pari a ogni 10 g di tessuto contiguo. Il SAR massimo ottenuto in tal modo costituisce il valore impiegato per la stima dell'esposizione. Si intende che i suddetti 10 g di tessuto devono essere una massa di tessuto contiguo con proprietà elettriche quasi omogenee. Nello specificare una massa contigua di tessuto, si riconosce che tale concetto può essere utilizzato nella dosimetria numerica ma che può presentare difficoltà per le misurazioni fisiche dirette. Può essere utilizzata una geometria semplice quale una massa cubica di tessuto, purché le grandezze dosimetriche calcolate assumano valori conservativi rispetto alle linee guida in materia di esposizione.

8. Per esposizioni pulsate nella gamma di frequenza compresa fra 0,3 e 10 GHz e per esposizioni localizzate del capo, allo scopo di limitare ed evitare effetti uditivi causati da espansione termoelastica, si raccomanda un ulteriore valore limite di esposizione. Tale limite è rappresentato dall'assorbimento specifico (SA) che non dovrebbe superare 10 mJ/kg calcolato come media su 10 g di tessuto.

9. Le densità di potenza sono ottenute come media su una qualsiasi superficie esposta di 20 cm² e su un qualsiasi periodo di $68/f_{1,05}$ minuti (f in GHz) per compensare la graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. Le massime densità di potenza nello spazio, mediate su una superficie di 1 cm², non dovrebbero superare 20 volte il valore di 50 W/m².

10. Per quanto riguarda i campi elettromagnetici pulsati o transitori o in generale per quanto riguarda l'esposizione simultanea a campi di frequenza diversa, è necessario adottare metodi appropriati di valutazione, misurazione e/o calcolo in grado di analizzare le caratteristiche delle forme d'onda e la natura delle interazioni biologiche, tenendo conto delle norme armonizzate europee elaborate dal CENELEC.

4.6 Valori di azione

I valori di azione di cui alla tabella seguente sono ottenuti a partire dai valori limite di esposizione secondo le basi razionali utilizzate dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) nelle sue linee guida sulla limitazione dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP 7/99).

Tabella 5

Valori di azione (articolo 208, comma 2) [valori efficaci (rms) imperturbati]

Relazione di calcolo dei campi magnetici

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μ T)	Densità di potenza di onda piana S_{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, I_c (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I_L (mA)
0 – 1 Hz	/	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	/	1,0	/
1 – 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	/	1,0	/
8 – 25 Hz	20000	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^4/f$	/	1,0	/
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4f	/
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	40	/
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 – 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	f/40	/	/
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

Note:

1. f è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, S_{eq} , E2, H2, B2 e IL devono essere calcolati come medie su un qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, S_{eq} , E2, H2 e B2 devono essere calcolati come medie su un qualsiasi periodo di $68/f1,05$ minuti (f in GHz).
4. Per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di azione di picco per le intensità di campo possono essere ottenuti moltiplicando il valore efficace rms per $(2)^{1/2}$. Per gli impulsi di durata t_p la frequenza equivalente da applicare per i valori di azione va calcolata come $f = 1/(2t_p)$.

Per le frequenze comprese tra 100 kHz e 10 MHz, i valori di azione di picco per le intensità di campo sono calcolati moltiplicando i pertinenti valori efficaci (rms) per 10^a , dove $a = (0,665 \log (f/10) + 0,176)$, f in Hz.

Per le frequenze comprese tra 10 MHz e 300 GHz, i valori di azione di picco sono calcolati moltiplicando i valori efficaci (rms) corrispondenti per 32 nel caso delle intensità di campo e per 1000 nel caso della densità di potenza di onda piana equivalente.

5. Per quanto riguarda i campi elettromagnetici pulsati o transitori o in generale l'esposizione simultanea a campi di frequenza diversa, è necessario adottare metodi appropriati di valutazione, misurazione e/o calcolo in grado di analizzare le caratteristiche delle forme d'onda e la natura delle interazioni biologiche, tenendo conto delle norme armonizzate europee elaborate dal CENELEC.

6. Per i valori di picco di campi elettromagnetici pulsati modulati si propone inoltre che, per le frequenze portanti che superano 10 MHz, Seq valutato come media sulla durata dell'impulso non superi di 1000 volte i valori di azione per Seq, o che l'intensità di campo non superi di 32 volte i valori di azione dell'intensità di campo alla frequenza portante.

La valutazione dei rischi da campi elettromagnetici va aggiornata ogni 4 anni oppure:

- ogni volta che risulti necessario dalla sorveglianza sanitaria obbligatoria;
- in caso di cambiamenti per quanto riguarda strutture o attrezzature di lavoro.

Di seguito vengono descritte le più comuni misure di tutela di tipo organizzativo e/o procedurale, che se messe in atto, consentono di:

- prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni assolute o relative ai livelli esposizione associati agli apparati;
- ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici irradiati da tali apparati.
- ridurre il rischio di effetti indiretti

Tra queste le principali, riferite all'esposizione ai CEM per l'impianto in oggetto, sono:

4.7 Delimitazione delle aree

Le procedure di valutazione e riduzione del rischio prevedono che nei luoghi di lavoro si realizzi inizialmente una zonizzazione distinguendo le aree in cui:

sono rispettati i livelli di riferimento previsti dalla Raccomandazione 1999/519/CE per la protezione della popolazione e, nel caso del campo magnetico statico, il VA di 0,5 mT,

non sono rispettati i limiti per la popolazione, ma lo sono i VA inferiori per i lavoratori: l'accesso è consentito solo previa idoneità alla mansione e relativa formazione/informazione,

non sono rispettati i VA inferiori ma lo sono i VA superiori: anche in questo caso l'accesso è consentito solo previa idoneità alla mansione e relativa formazione/informazione,

non sono rispettati i VA superiori, a meno che non sia verificato il rispetto dei VLE sanitari, l'accesso dovrebbe essere impedito a chiunque eccetto casi di deroga autorizzata secondo le modalità descritte all'art. 212.

La segnaletica di identificazione della presenza di campi elettromagnetici entra in gioco, ai sensi dell'art.210, comma 4 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., nel caso in cui vi siano aree in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i VA inferiori.

Lo stesso art. 210 comma 2 prescrive che, sulla base della valutazione dei rischi di cui all'articolo 209, il datore di lavoro elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative volte a prevenire qualsiasi rischio per lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio e qualsiasi rischio dovuto a effetti indiretti.

È per questa ragione che anche le aree di superamento dei livelli di riferimento per la popolazione generale andranno opportunamente delimitate e segnalate, proprio al fine di prevenire gli effetti dell'esposizione su soggetti particolarmente sensibili, con controindicazioni assolute o relative all'esposizione, anche se questi non sono presenti nell'azienda al momento della valutazione del rischio CEM.

In assenza di zonizzazione e di segnaletica idonea, un qualsiasi soggetto sensibile potrebbe accidentalmente avvicinarsi ad un'area a rischio di esposizione a CEM. Le stesse considerazioni si applicano per i lavoratori terzi che accedono in azienda.

Considerato che la valutazione del rischio deve essere ripetuta con periodicità almeno quadriennale, se nell'arco dei quattro anni a un lavoratore che sia addetto o non addetto alla sorgente CEM, viene impiantato un dispositivo elettronico, questi dovrà essere in grado di individuare in quali aree dell'azienda sono presenti livelli di CEM potenzialmente interferenti con il suo dispositivo. Lo stesso vale per qualsiasi mutamento nella situazione di suscettibilità individuale che intercorra nell'arco dei quattro anni, quale ad esempio il caso di una lavoratrice che entri in stato di gravidanza, anche se non direttamente addetta alla sorgente CEM; anche il Medico Competente deve essere al corrente dell'entità dell'estensione dell'area interdetta ai soggetti sensibili ("Zona 1") per individuare le appropriate misure di tutela.

Relazione di calcolo dei campi magnetici

<p>segnaletica di presenza di campi elettromagnetici e di radiazioni elettromagnetiche che possono generare condizioni di esposizione non accettabili prevista dal D.lgs.81/08 e s.m.i.</p>	 Presenza di campi magnetici	 Presenza di radiazioni elettromagnetiche
<p>segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017 per lavoratori particolarmente sensibili al rischio da campi elettromagnetici</p>	 Vietato l'accesso ai portatori di stimolatori cardiaci	 Vietato l'accesso ai portatori di protesi metalliche
<p>altra segnaletica di prescrizione prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017</p>	 Obbligo di indossare calzature antistatiche	 Obbligo di leggere le istruzioni
<p>altra segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017</p>	 Vietato entrare con orologi e oggetti metallici (Hazard: Strong magnetic fields)	 Divieto di attivare telefoni cellulari (Hazard: electromagnetic fields)

4.8 Formazione ed addestramento del personale

Ai fini della prevenzione dei rischi per la salute dei soggetti esposti, è fondamentale che il personale sia formato sulle corrette norme comportamentali da adottare nelle operazioni in prossimità del macchinario sorgente di CEM e, soprattutto, sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree con esposizioni a campi elettromagnetici di interesse protezionistico (zone controllate) al tempo strettamente funzionale ad attività ed operazioni di controllo del macchinario/impianto sorgente di CEM.

E' importante che il personale sia formato sugli aspetti seguenti:

- condizioni di controindicazione individuale all'esposizione a campi elettromagnetici;
- appropriate modalità di utilizzo degli apparati al fine di ridurre l'esposizione per i lavoratori ed i soggetti terzi: a tale riguardo è importante prendere in esame quanto prescritto sul manuale di istruzione ed uso dello specifico apparato: tali raccomandazioni dovrebbero essere recepite nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento
- corretti comportamenti da adottare in prossimità delle sorgenti: questi possono comprendere anche limitazioni all'introduzione di oggetti metallici o di apparecchiature elettriche all'interno dell'area controllata; tali raccomandazioni dovrebbero

essere esplicitate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento

- modalità di accesso alle zone ad accesso regolamentato: tali modalità dovrebbero essere esplicitate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento

4.9 DPI

Nei casi in cui l'accesso alle aree con rischio di superamento del valore DI AZIONE per i lavoratori non possa essere impedito fisicamente, come ad esempio nel caso di lavorazioni su tralicci, o su linee elettriche aeree di alta tensione, è necessario dotare i lavoratori di:

- Monitor portatile di CEM con dispositivo d'allarme atto a segnalare tempestivamente il superamento dei valori d'azione di campo elettrico e magnetico fissati dalla normativa.
- Qualora il superamento dei VLE non possa essere prevenuto andranno forniti indumenti di protezione specifici per le frequenze di interesse. Nel caso delle radio frequenze (RF) ad esempio questi consistono di abiti e tute, caschi di protezione, guanti e calze. Tali indumenti protettivi sono in genere composti dagli stessi tessuti sintetici normalmente impiegati per indumenti ignifughi (es. Nomex) e di acciaio inossidabile nella percentuale del 20%-30%. A titolo di esempio nel caso degli apparati di telecomunicazioni (100 MHz -10 GHz) tali indumenti forniscono attenuazioni alle radiofrequenze dell'ordine di 1/10 - 1/100.

5 SINTESI

Scopo del presente documento è stata la verifica del rispetto dei requisiti normativi in merito alla tutela da inquinamento elettromagnetico. Dopo aver fornito i principali riferimenti normativi, per ognuno dei principali componenti in grado di generare campi elettromagnetici sono state determinate, parte mediante calcolo e parte facendo riferimento ai dati disponibili in letteratura, le distanze minime di sicurezza, verificando il rispetto delle distanze dai luoghi tutelati.

Considerando che:

in fase di cantiere non c'è rischio ad esposizione di campi elettromagnetici in quanto le componenti non sono in tensione;

nella fase di esercizio non ci sarà permanenza di personale nell'impianto se non per interventi di manutenzione sugli elementi dell'impianto. Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro;

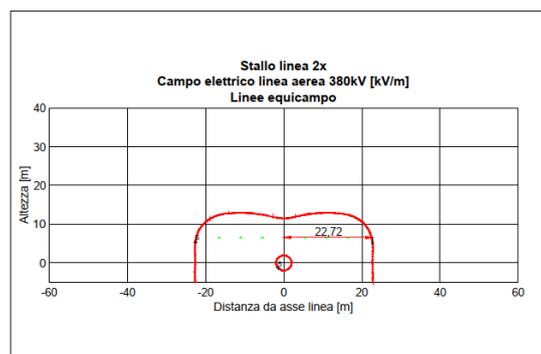
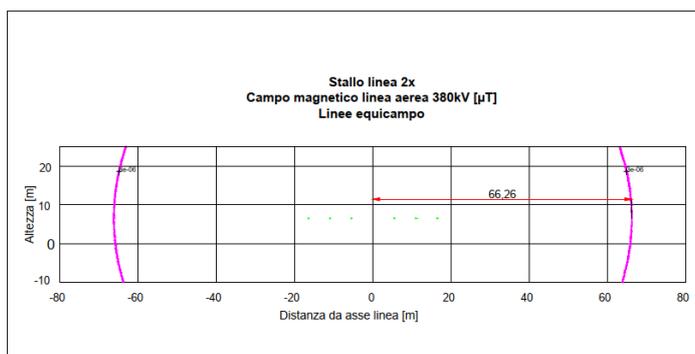
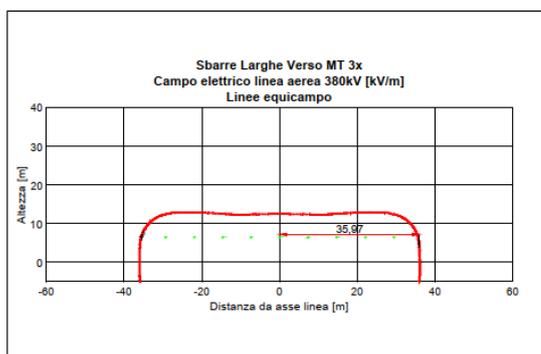
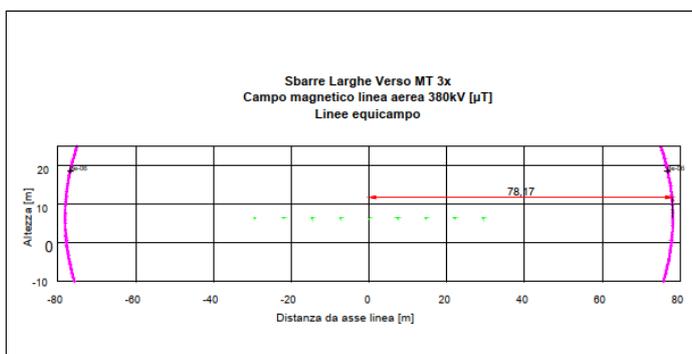
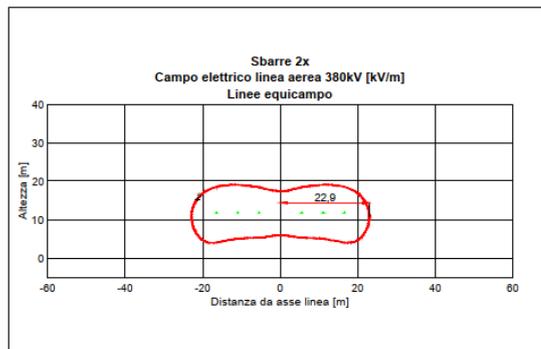
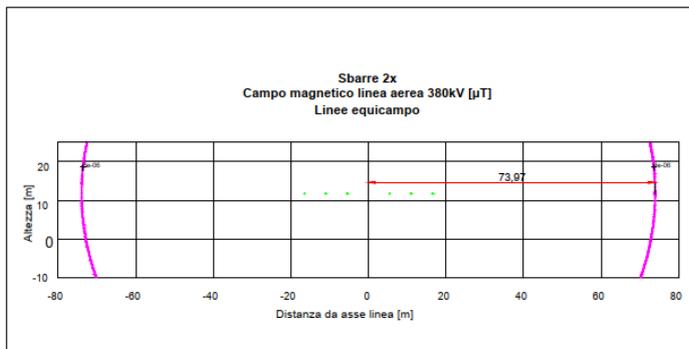
si può concludere che la compatibilità elettromagnetica è stata analizzata rispetto ai limiti imposti dalla legge e che sono state individuate le DPA per l'obiettivo di qualità rispetto al campo magnetico e per l'esposizione al campo elettrico.

La stazione è sita in ambiente rurale, per cui per le aree in cui valori di induzione magnetica sono pari a 3 μ T non ricadono in luoghi in cui è prevista la permanenza prolungata di

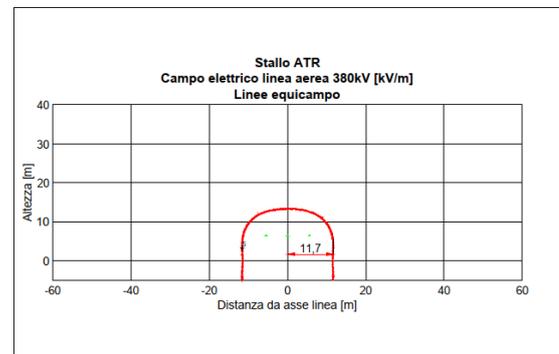
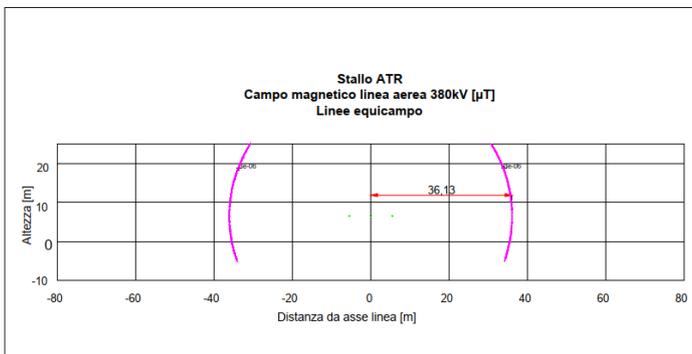
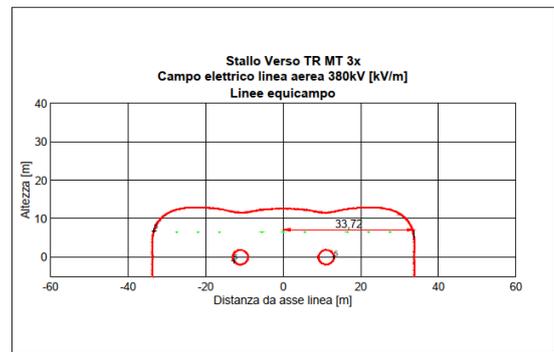
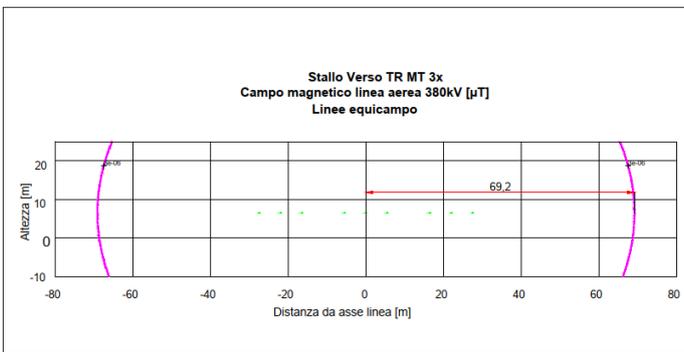
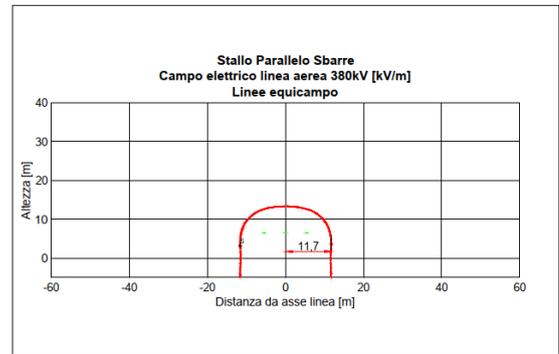
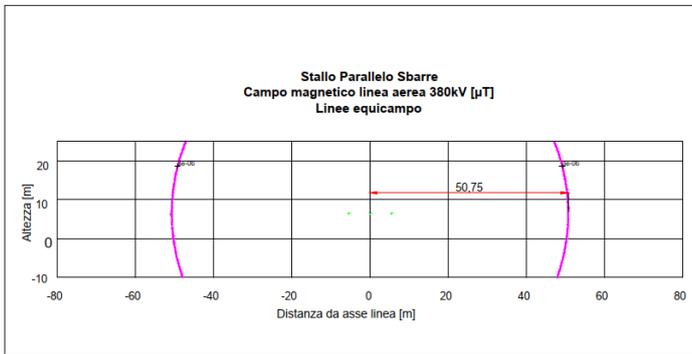
persone. La permanenza di personale dovrà essere comunque valutata dal responsabile della sicurezza in base alle indicazioni di legge, riportate anche in questo documento.

6 ALLEGATI

6.1 Isolinea campo elettrico e magnetico stalli 380 kV

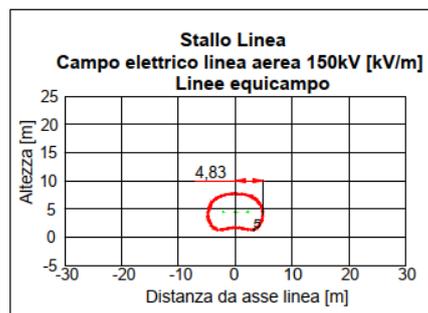
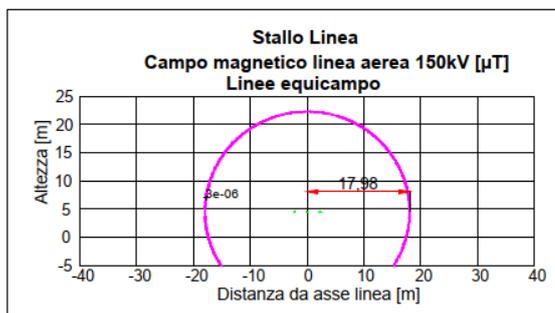
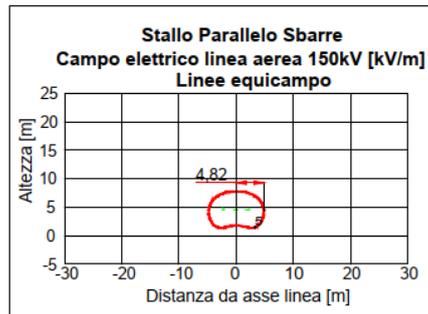
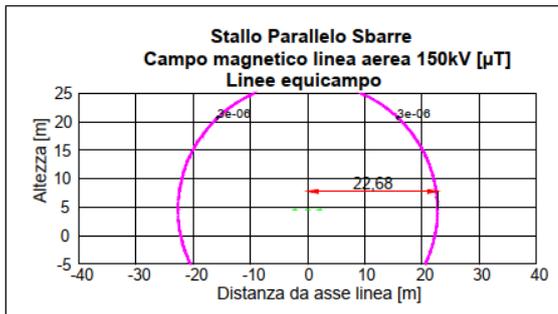
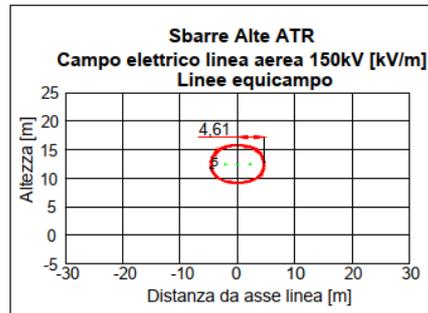
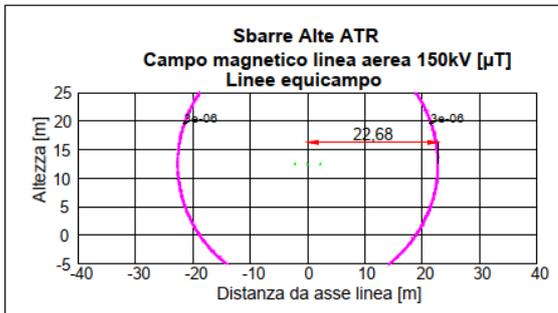
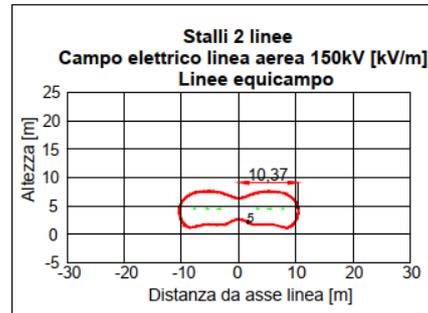
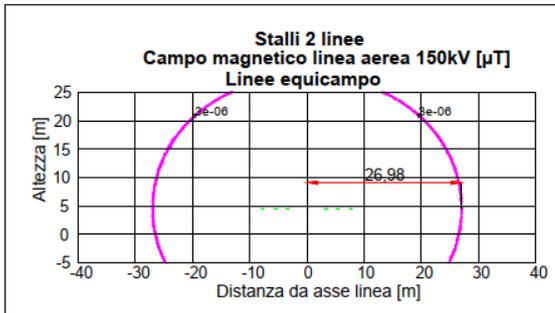


Relazione di calcolo dei campi magnetici

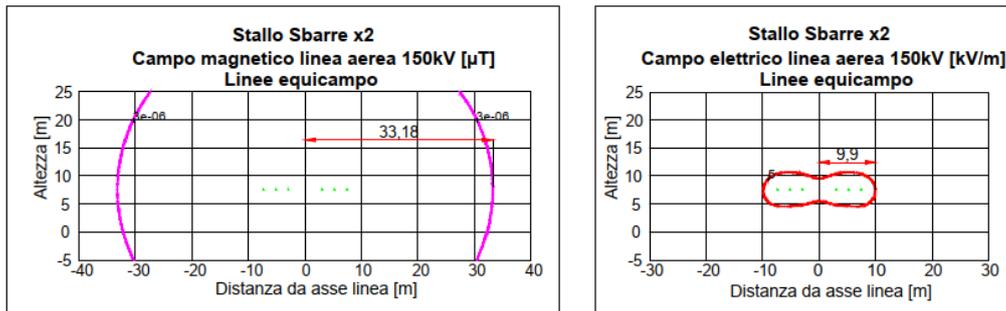


6.2 Isolinea campo elettrico e magnetico stalli 150 kV

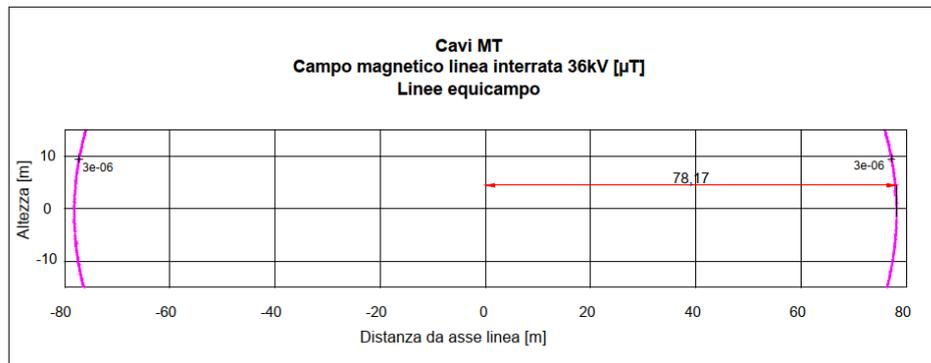
Relazione di calcolo dei campi magnetici



Relazione di calcolo dei campi magnetici



6.3 Isolinea campo magnetico linea in cavo 36 kV



6.4 Riepilogo DPA su planimetria SE

Nella figura seguente sono riepilogate e riportate in pianta le DPA ottenute.

Relazione di calcolo dei campi magnetici

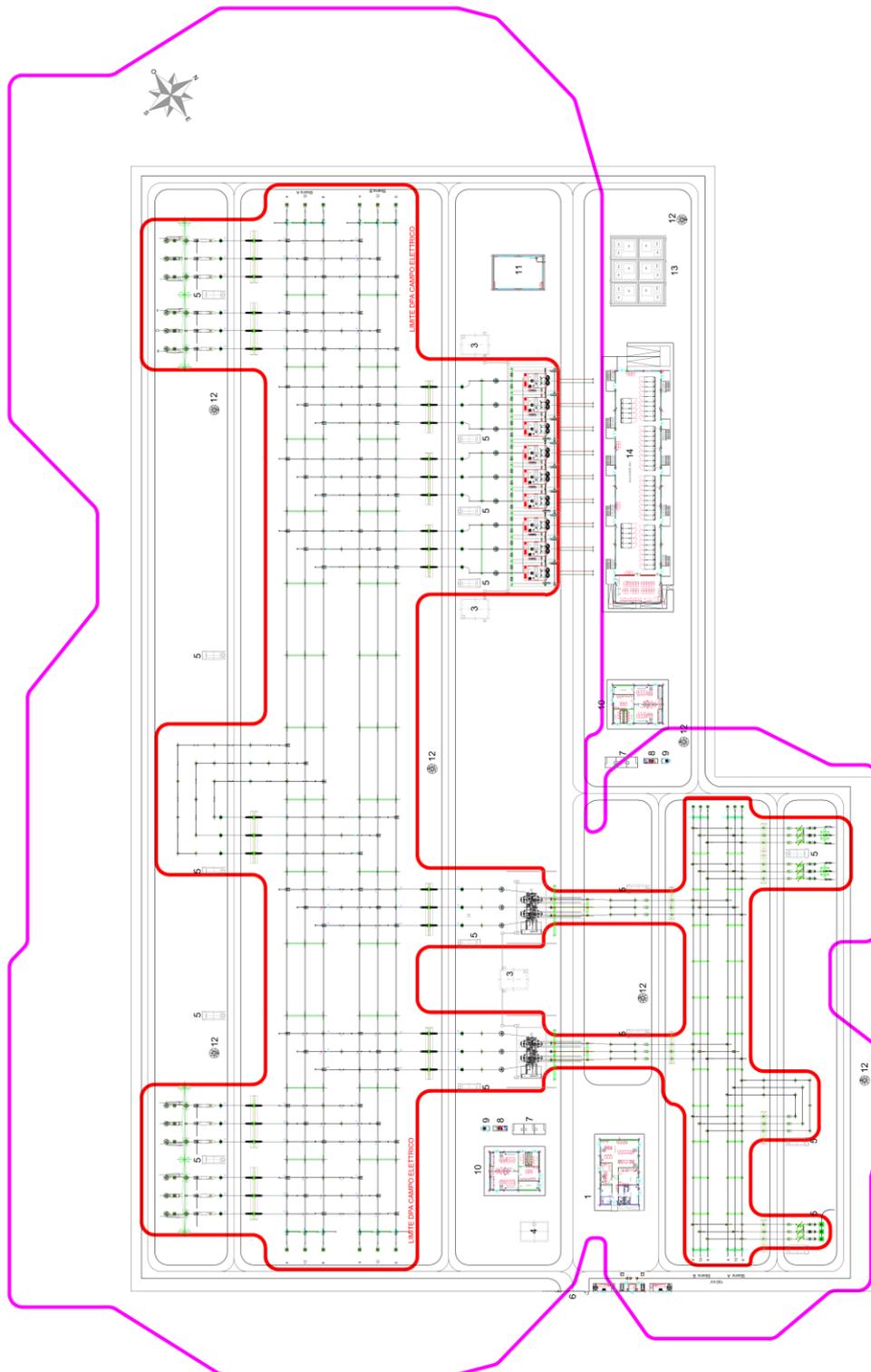


Figura 6-1: Pianta riepilogativa delle DPA ottenute per il campo elettrico (limiti in rosso) e magnetico (limiti in magenta).