

Relazione tecnica valutazione campo elettrico magnetico e fascia di rispetto

HV/MV Substation Bornasco (PV)

MIL05_06
Cliente: MICROSOFT

Contract: 48PO-05081

Siemens Energy Doc. Code: 48PO-05081_E_3190_D5_0004_00

Microsoft Doc. Code:

Sub-Supplier Doc. Code:

Export Control Classification:

ECCN:	AL:
-------	-----

These items are controlled by the U.S. Government (when labeled with "ECCN" unequal "N") and authorized for export only to the country of ultimate destination for use by the ultimate consignee or end-user(s) herein identified. They may not be resold, transferred, or otherwise disposed of, to any other country or to any person other than the authorized ultimate consignee or end-user(s), either in their original form or after being incorporated into other items, without first obtaining approval from the U.S. Government or as otherwise authorized by U.S. law and regulations. Items labeled with "AL" unequal "N" are subject to European / national export authorization. Items without label / with label "AL:N" / "ECCN:N" or label "AL:9X9999" / "ECCN:9X9999" may require authorization from responsible authorities depending on the final end-use, or the destination.

Restricted © Siemens Energy, 2020

Transmittal, reproduction, dissemination and/or editing of this document as well as utilization of its contents and communication thereof to others without express authorization are prohibited. Offenders will be held liable for payment of damages. All rights created by patent grant or registration of a utility model or design patent are reserved.

Indice delle revisioni

Rev.	Scope	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	IFI	28/07/2023	Prima emissione	DBA Pro	D. Vertemati	T. Traverso

Restricted © Siemens Energy, 2020. All Rights reserved.

Index:

1	Premessa	4
2	Ubicazione	4
3	Normativa di riferimento	4
4	Calcolo del campo elettrico e magnetico	6
5	Trasformatore AT/MT	8
6	Valutazione rischi dei lavoratori rispetto ai campi elettromagnetici.....	8
7	DPI	17
8	SINTESI	18
9	ALLEGATI	18

1 Premessa

Scopo del presente documento è quello di valutare l'intensità dei campi elettrico e magnetico prodotti da trasformatori e conduttori in tensione situati nella Stazione Utente (SE) a servizio del datacenter sito in Bornasco (PV) denominato MIL05_06. La valutazione permette di determinare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) in corrispondenza delle installazioni d'impianto.

2 Ubicazione

La Stazione Utente è costituita da due stalli AT/MT alimentati in AT mediante due cavi indipendenti. Gli stalli sono realizzati con isolamento in aria e sono costituiti ciascuno da:

- Terminale cavo AT e relativo scaricatore di sovratensioni;
- Sezionatore con doppia lama di terra;
- Trasformatore di tensione;
- Trasformatore amperometrico;
- Congiuntore sbarre (costituito da due sezionatori orizzontali cond oppia lama di terra);
- Sezionatore orizzontale di linea con lama di terra singola;
- Interruttore di linea tripolare;
- Trasformatore di corrente;
- Sezionatore tripolare di messa a terra lato trasformatore;
- Portale attraversamento strada munito di isolatori BIL 650kV;
- Scaricatori di sovratensione a protezione del trasformatore AT/MT;
- Trasformatore AT/MT;
- Terminali di connessione cavi MT (secondario Trasformatore).

3 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”.

Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l’induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l’esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l’induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. 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 μ T, 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; 10 kV/m e 1000 μ T, rispettivamente per l’intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l’esposizione sia ragionevolmente limitata a poche ore al giorno.

Il decreto definisce anche le distanze di rispetto dagli elettrodotti aerei da 132 kV, 220 kV e 380 kV, rispetto ai fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati. Nel caso di esposizione a sorgenti operanti alla frequenza nominale di 50 Hz, il limite di esposizione all'induzione magnetica è pari a 100 μT , mentre il limite di esposizione al campo elettrico è pari a 5 kV/m.

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
Obiettivo di qualità	-	3

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μT come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4 Calcolo del campo elettrico e magnetico

Per il calcolo delle DPA presso la nuova SE Utente, si considerano come sorgenti di campo i due stalli AT, nei quali circolerà la corrente nominale del trasformatore.

Il calcolo sarà univoco per la sezione AT, considerato che lo stallo presenta caratteristiche omogenee rispetto a conduttori, componenti, altezza dal suolo e corrente nominale.

I dati di input per il calcolo e i risultati ottenuti sono di seguito riportati in tabella. Come previsto dalla normativa, la DPA viene approssimata all'unità successiva.

NOTA: il valore dell'altezza da terra utilizzato nel calcolo della DPA, pari a 4,50m è valida per tutta la lunghezza di entrambi li stalli eccenzion fatta per il portale attraversamento strade, posto ad un'altezza maggiore (7,65m): essendo, comunque, la DPA un'approssimazione per eccesso della proiezione orizzontale rispettivamente delle isolinee di 3 μT e di 5kV/m, essa è da considerarsi identica alla casisitica calcolata per un' altezza dal suolo dei conduttori di 4,50m.

Tabella 2: Riepilogo DPA rispetto al campo magnetico.

ID.	Diametro [mm]	Altezza conduttori da terra [m]	Tensione [kV]	Corrente Ib [A]	Distanza isolinea 3 μT da asse linea [m]	DPA [m]
Stallo 1	40	4,5	132	295	9	10
Stallo 2	40	4,5	132	295	9	10

Tabella 3: Riepilogo DPA rispetto al campo elettrico.

ID.	Diametro [mm]	Altezza conduttori da terra [m]	Tensione [kV]	Corrente Ib [A]	Distanza 5kV/m da asse linea [m]	isolinea	DPA [m]
Stallo 1	40	4,5	132	120	4,4		5
Stallo 2	40	4,5	132	120	4,4		5

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

5 Trasformatore AT/MT

Per quanto riguarda le componenti d'impianto presenti in SE Utente si segnala la presenza dei due trasformatori AT/MT. In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, è possibile determinare l'ampiezza della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) come:

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

DPA	Distanza di prima approssimazione [m]
I	Corrente nominale [A];
x	Diametro esterno conduttori lato MT [m].

Sostituendo i valori richiesti per il trasformatore da 60 MW considerato si ottiene una DPA pari a 2,50 m la quale risulta essere ben inferiore ai valori ottenuti in corrispondenza dello stallo trasformatore e per questo quindi trascurabile rispetto ad essi.

6 Valutazione rischi dei lavoratori rispetto ai campi elettromagnetici

Effetti sanitari dei campi elettrici e magnetici 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.

Effetti sanitari a breve termine

Gli effetti acuti sono effetti immediati ed oggettivi che terminano al cessare dell'esposizione, accertabili sperimentalmente aldilà 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.

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.

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 μ T 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 μ T;

Obiettivo di qualità di 3 μ T

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 μ T (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.

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.

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.

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 5: Valori limite di esposizione (articolo 208, comma 1).

Tutte le condizioni devono essere rispettate.

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:

- f è la frequenza in Hertz.
- 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.
- 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.
- Per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di picco della densità di corrente possono essere ottenuti moltiplicando il valore efficace rms per $(2)^{1/2}$.
- 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/discisa 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 tp la frequenza equivalente per l'applicazione dei limiti di esposizione va calcolata come $f = 1/(2tp)$.
- Tutti i valori di SAR devono essere ottenuti come media su un qualsiasi periodo di 6 minuti.
- 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.
- 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.
- Le densità di potenza sono ottenute come media su una qualsiasi superficie esposta di 20 cm² e su un qualsiasi periodo di 68/f,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.
- 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.

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

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana S_{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, I_c (mA)	Corrente indotta attraverso o 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:

- f è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.
- 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.
- 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).
- 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 10a, 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.
- 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.
- Per i valori di picco di campi elettromagnetici pulsati modulati si propone inoltre che, per le frequenze portanti che superano 10 MHz, S_{eq} valutato come media sulla durata dell'impulso non superi di 1000 volte i valori di azione per S_{eq} , 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:

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.

Restricted © Siemens Energy, 2020. All Rights reserved.

<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.l.</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)

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.

È 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

7 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.

8 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 i componenti non sono in tensione;
- nella fase di esercizio non si esclude la presenza di personale 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;
- i valori di induzione magnetica generati risultano inferiori ai limiti di legge rispetto a luoghi con permanenza di personale oltre le 4 h giornaliere.

si può concludere che è garantita la piena compatibilità con i limiti imposti dalla legge e che pertanto risulta essere trascurabile o nullo l'impatto del campo elettromagnetico generato dalla realizzazione delle opere elettriche connesse alla SE Utente in progetto.

In particolare, si evidenzia come le DPA ricadano all'interno della SE per correnti nominali d'impianto. Inoltre, nell'intorno della SE non ci sono strutture/edifici dove possa esserci permanenza di persone oltre le 4 h giornaliere.

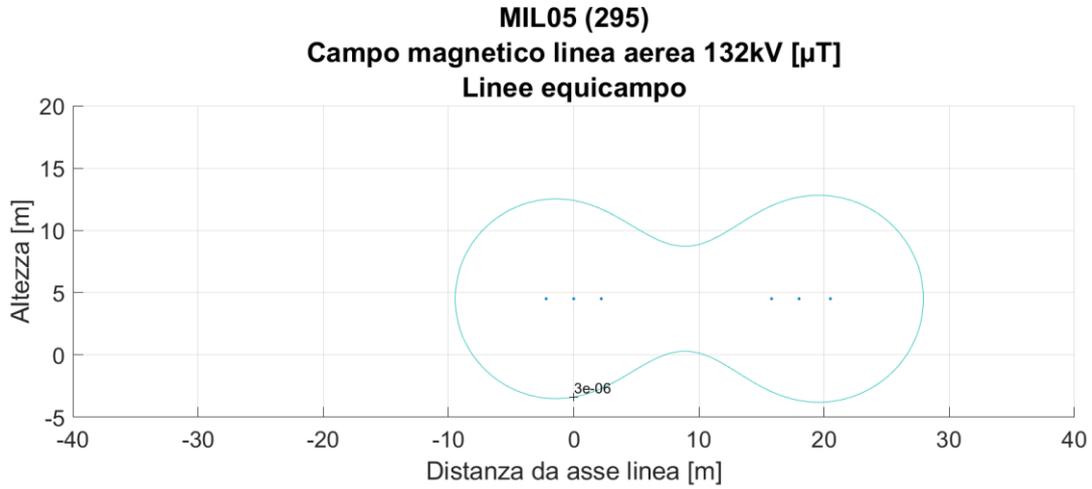
9 ALLEGATI

Nel seguito si riportano i valori di campo elettrico e magnetico calcolati per le condizioni di esercizio nominale d'impianto. Infine, si riporta la planimetria elettromeccanica con indicazione degli stalli e delle DPA calcolate.

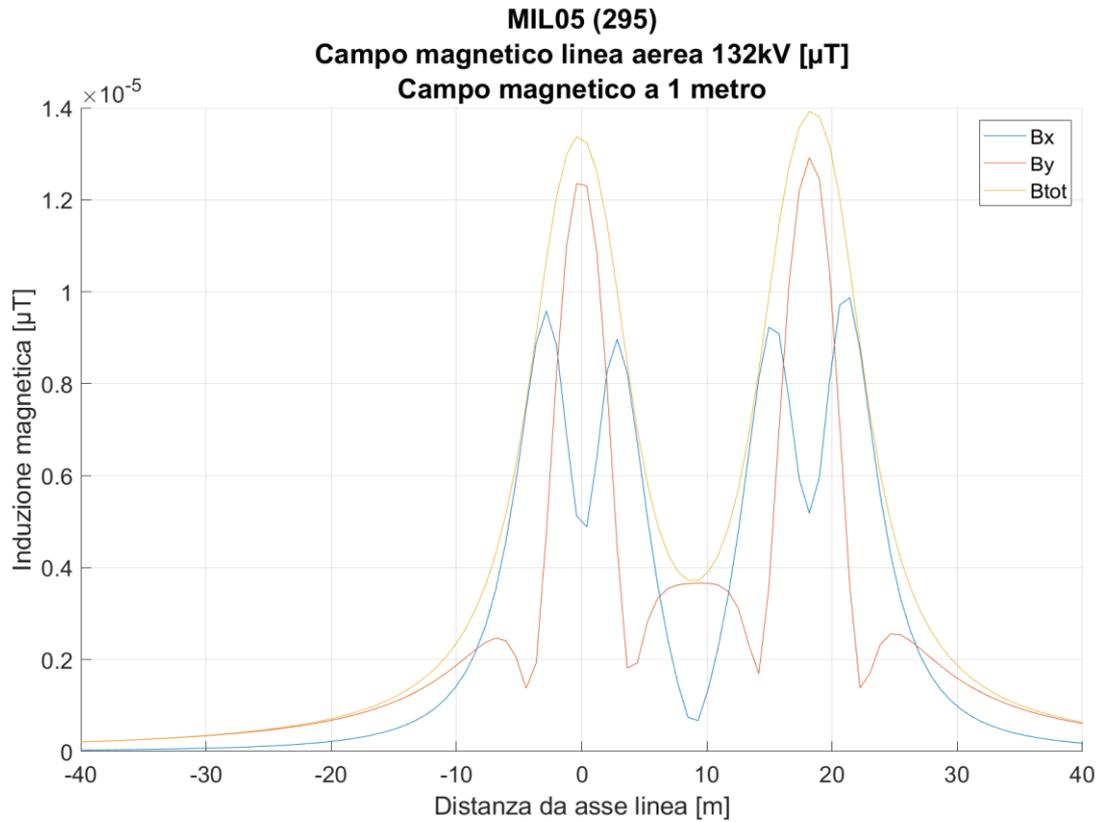
Per la rappresentazione dei risultati si consideri:

- altezza conduttori 4,5 m dal suolo calpestabile;
- interasse dello stallo 1 posto in corrispondenza dell'origine dei grafici

Isolinea campo magnetico

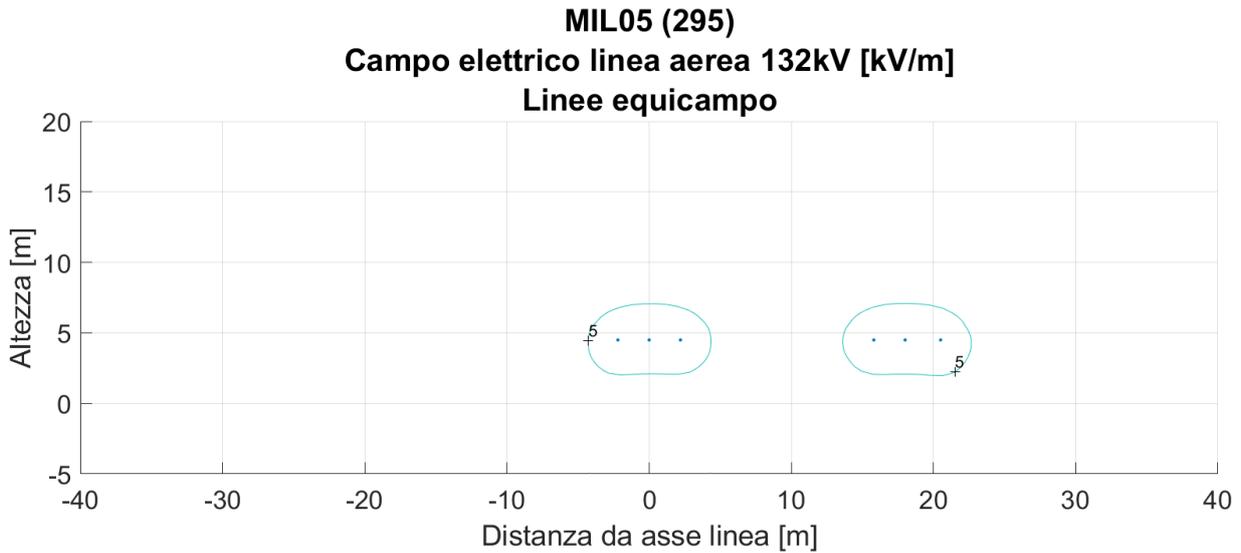


Componenti campo magnetico – valori calcolati ad 1m dal suolo

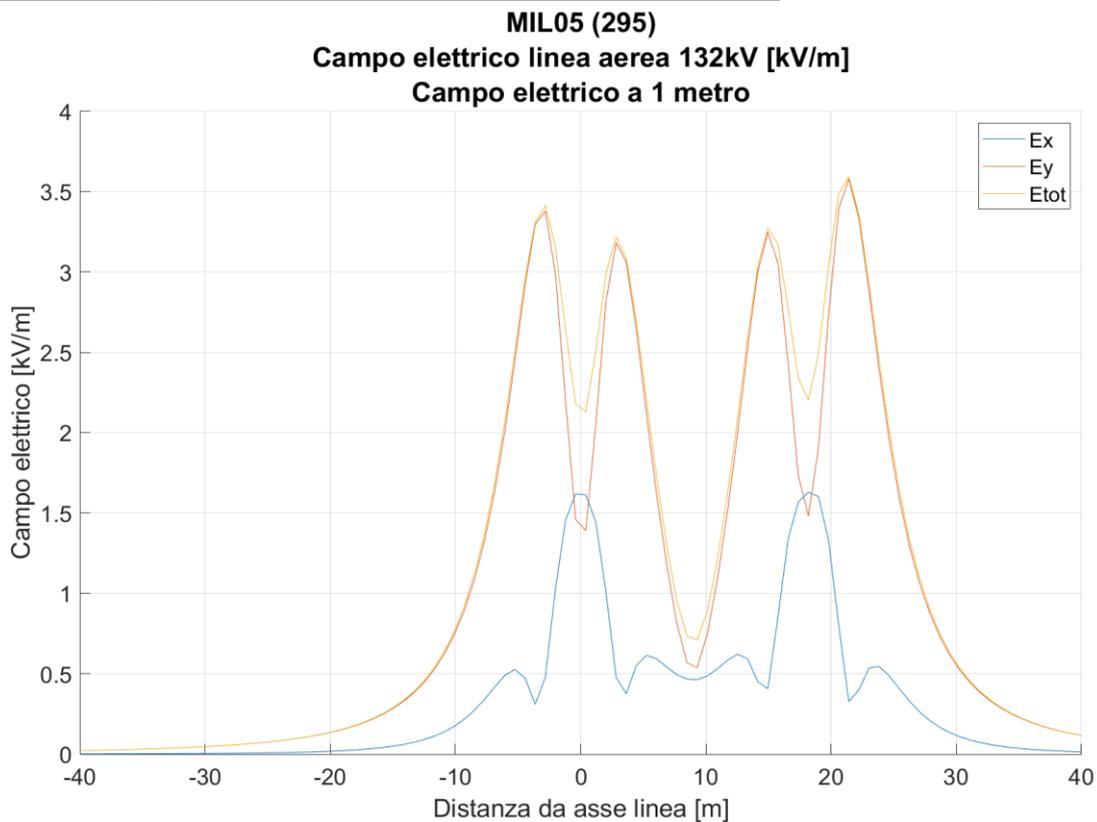


Restricted © Siemens Energy, 2020. All Rights reserved.

Isolinea campo elettrico

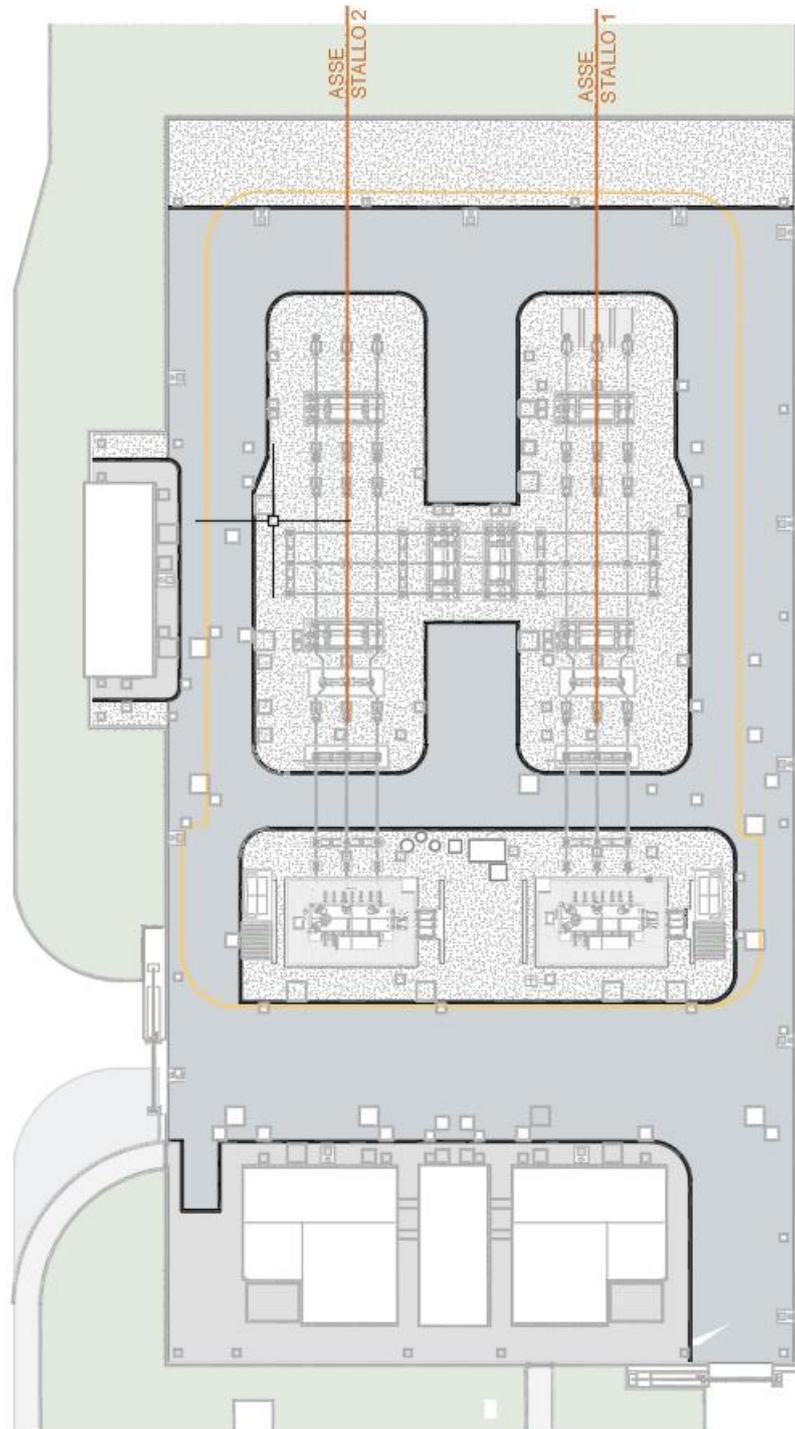


Componenti campo elettrico – valori calcolati ad 1m dal suolo



Restricted © Siemens Energy, 2020. All Rights reserved.

Planimetria elettromeccanica di riferimento con indicazione delle DPA calcolate



Restricted © Siemens Energy, 2020. All Rights reserved.