



REGIONE SICILIANA

Libero Consorzio Comunale di Trapani
Comuni di Marsala, Salemi, Santa Ninfa,
Castelvetrano e Partanna



IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DA 48,0 MW "MAZARA CALAMITA" ADEGUAMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DELLA RTN

PIANO TECNICO DELLE OPERE

Sezione 5	VALUTAZIONE C.E.M. IMPANTO DI UTENZA	N. Tavola 05.01.02	
IMPIANTO DI UTENZA		Formato A4	Scala

REVISIONI					
REV.	DATA	MODIFICA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Giugno 2019	Prima emissione	Ing. F. Chiri	Arch. S. Tarantino	Ing. F. D'Alessandro
01	Dicembre 2021	Recepimento osservazioni Terna	Ing. F. Chiri	Arch. S. Tarantino	Ing. F. D'Alessandro
02					
03					
04					
05					

PROFESSIONISTA INCARICATO: Ing. Francesco Chiri		COMMITTENTE: Edison Rinnovabili S.p.A. <small>Foro Buonaparte, 31 20121 Milano</small>	
		GESTORE RETE: TERNA S.p.A.	

SOMMARIO

1. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLE STAZIONI DI TRASFORMAZIONE CON ISOLAMENTO IN ARIA	2
2. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALL'ELETTRODOTTO INTERRATO	6
2.1 MODALITÀ DI CALCOLO.....	6
2.2 IPOTESI DI CALCOLO	6
2.3 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A FREQUENZA INDUSTRIALE	7
2.3.1 Campo elettrico.....	8
2.3.2 Campo magnetico.....	8
2.4 VALORI NUMERICI.....	11
3. FASCIA DI RISPETTO.....	12
3.1 ANALISI DEI VALORI.....	14
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	14

1. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLE STAZIONI DI TRASFORMAZIONE CON ISOLAMENTO IN ARIA

La progettazione della stazione elettrica di trasformazione E2I Energie Speciali è stata effettuata rispettando la disposizione elettromeccanica tipica delle stazioni elettriche appartenenti alla RTN. La seguente fig. 1 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132 kV della RTN all'interno della quale sono state effettuate una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo, alla luce della normativa in materia di protezione dei lavoratori dall'esposizione dei campi elettrici e magnetici.

La stessa fig. 1 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Inoltre nella fig. 1 sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi). Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la fig. 2 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

Mentre la fig. 3 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione. Tali valutazioni rappresentano le condizioni estreme di valutazione dell'esposizione al campo elettrico per il 380 kV (è il livello di tensione più elevato) e per l'esposizione al campo magnetico nel caso del 132 kV (maggior corrente di esercizio e minor distanza tra lavoratore e fonte irradiante).

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea. In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

La condizione in esame nel presente PTO si colloca in una condizione di esposizione intermedia sia per i campi elettrici che magnetici, per cui si può affermare che sono soddisfatti i limiti di esposizione dettati dalla normativa vigente.

Nel caso di Sottostazione utente è presente anche la sezione MT a 30 kV, in cui i valori di corrente risultano superiori a quelli riscontrati nelle sezioni AT.

In tale circostanza si è provveduto a determinare la DPA con il software EMF Tools v. 3.0 del CESI, che raccoglie in unica piattaforma diversi moduli di calcolo dei campi elettrici e magnetici associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti ed in cui la modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche.

Nel caso della cabina MT di utenza, la DPA, riferita alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, risulta pari a 7 metri rispetto all'asse delle sbarre di MT in aria e pertanto ricade per larghissima parte all'interno della Sottostazione e comunque all'interno della fascia di pertinenza perimetrale (cfr. Planimetria catastale con DPA).

Tali valori comunque durante l'esercizio dell'impianto saranno monitorati, in modo da assicurare la continua osservanza dei limiti imposti dalla legge.

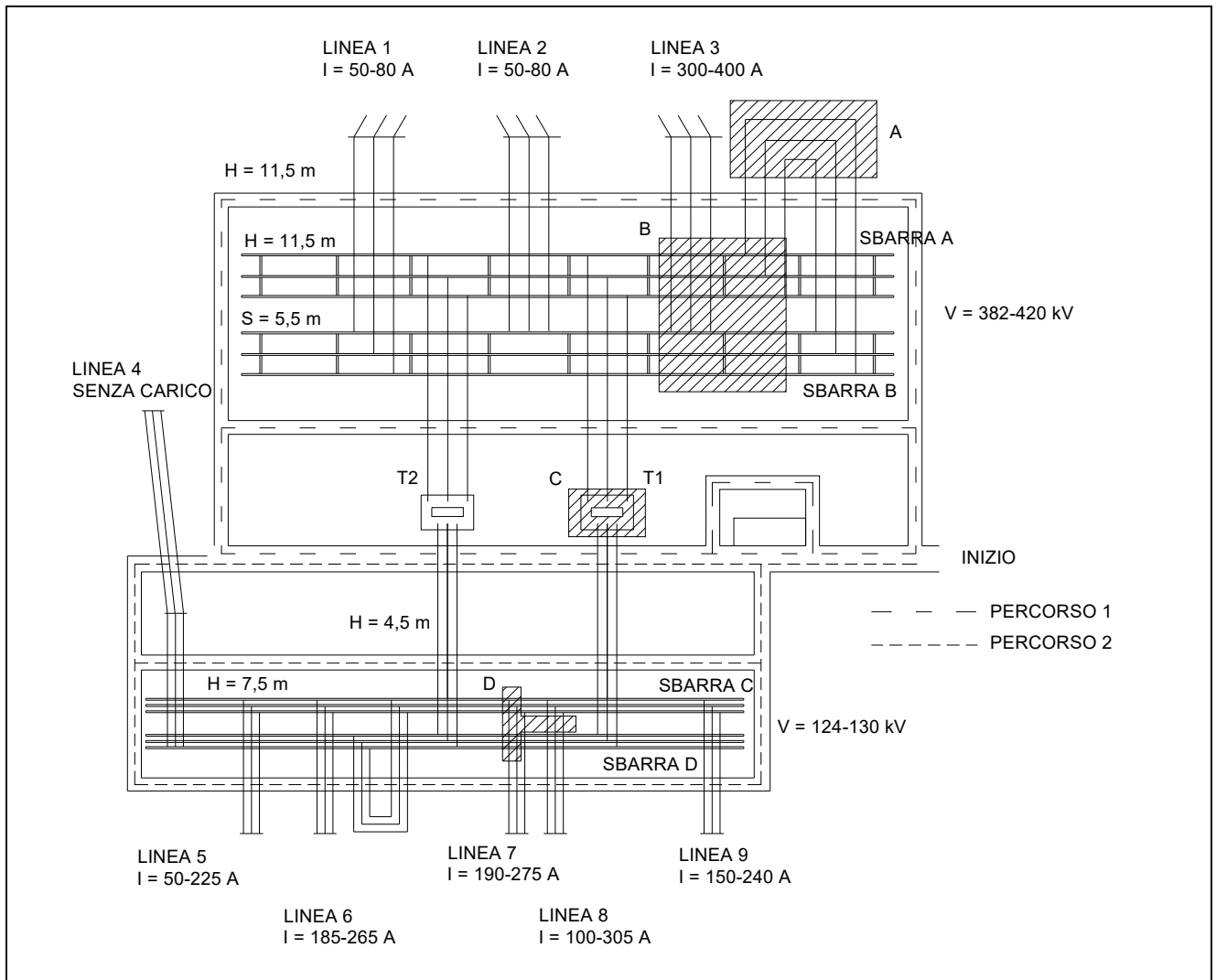


Fig. 1 – Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante la fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

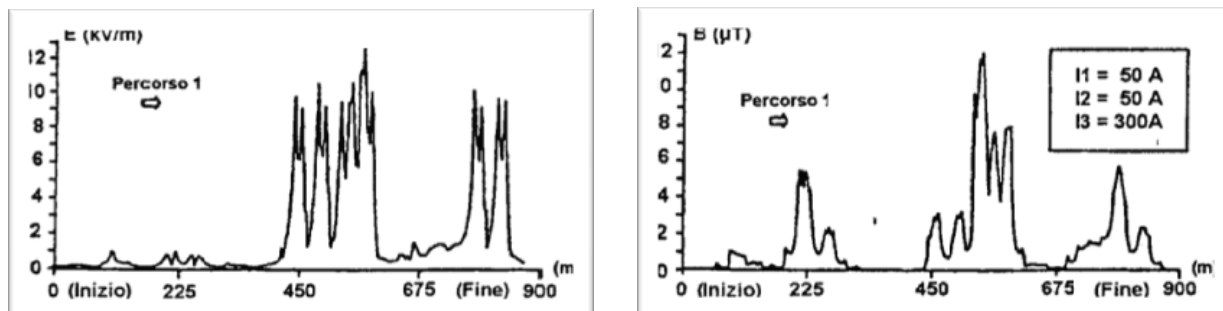


Fig. 2 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig. 1

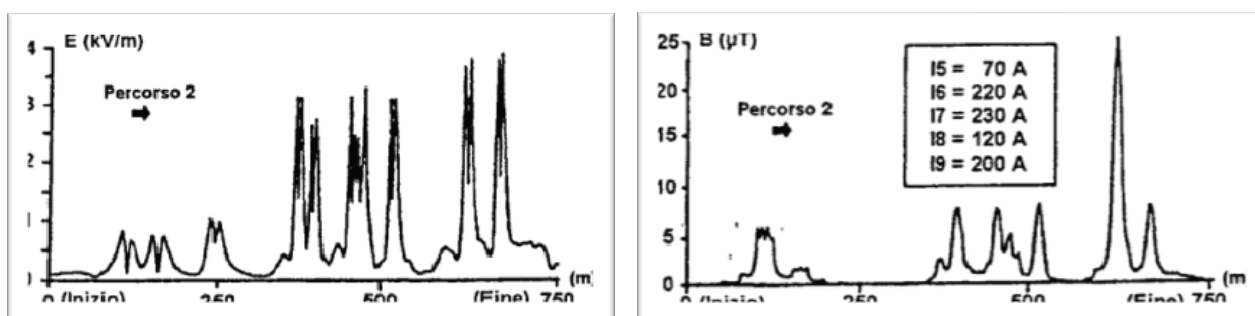


Fig. 3 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 132 kV della stazione riportata in fig. 1

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (μT)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Tab. 1 - Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D di fig. 1

2. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALL'ELETTRODOTTO INTERRATO

La trattazione che segue è finalizzata alla valutazione dei presumibili livelli di esposizione per la popolazione al campo elettrico e alla induzione magnetica conseguenti alla realizzazione dell'elettrodotto in cavo interrato in progetto.

2.1 MODALITÀ DI CALCOLO

Tutti i calcoli e le simulazioni riportate nella presente relazione sono effettuati mediante l'impiego di un software che applica quanto previsto dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

I calcoli eseguiti dal suddetto software sono conformi a quanto stabilito dal D.M. 29 Maggio 2008 "Approvazione della Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Il software esegue i calcoli ipotizzando una linea infinitamente lunga e calcolando i campi elettrici e magnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa.

Il software di calcolo elabora la componente verticale ed orizzontale dei campi elettrici e magnetici prodotti dai singoli conduttori, combina le componenti e fornisce come output principale il valore efficace dei campi elettrici e magnetici.

2.2 IPOTESI DI CALCOLO

I calcoli eseguiti tengono conto di una terna di cavi prevedendo una configurazione di posa all'interno di una trincea profonda 1,5 m.

L'andamento risultante dei suddetti campi è stato calcolato in base alle seguenti ipotesi:

- N. 1 elettrodotto interrato a tensione 220 kV;
- N. 1 conduttore per fase con isolamento estruso
- Valore nominale della tensione 220 kV;
- Sezione del conduttore: 1.600 mm²
- Valore della mediana della corrente: non conosciuto

- Portata estiva 1.000 A
- Portata invernale 1.000 A
- Profondità di interramento 1,5 m;
- Distanziamento interasse dei conduttori 25 cm;

In riferimento ai valori di corrente si precisa che per questo elettrodotto interrato non si è fatto riferimento alla corrente al limite termico calcolata come prescritto al par. 3 della norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV", ma è stato preso come riferimento il valore calcolato con il metodo riportato nelle Norme IEC 60287, ipotizzando la terna di cavi posata in piano, con profondità di posa 1,50 m, temperatura del terreno 20°C, resistività termica del terreno 1 K*m/W con distanza tra le fasi pari a 25 cm e che in regime permanente la temperatura del conduttore non superi i 90°C.

Tale ipotesi rappresenta comunque una scelta cautelativa considerato che i valori di corrente effettivamente circolanti nei cavi saranno sicuramente minori di quelli citati.

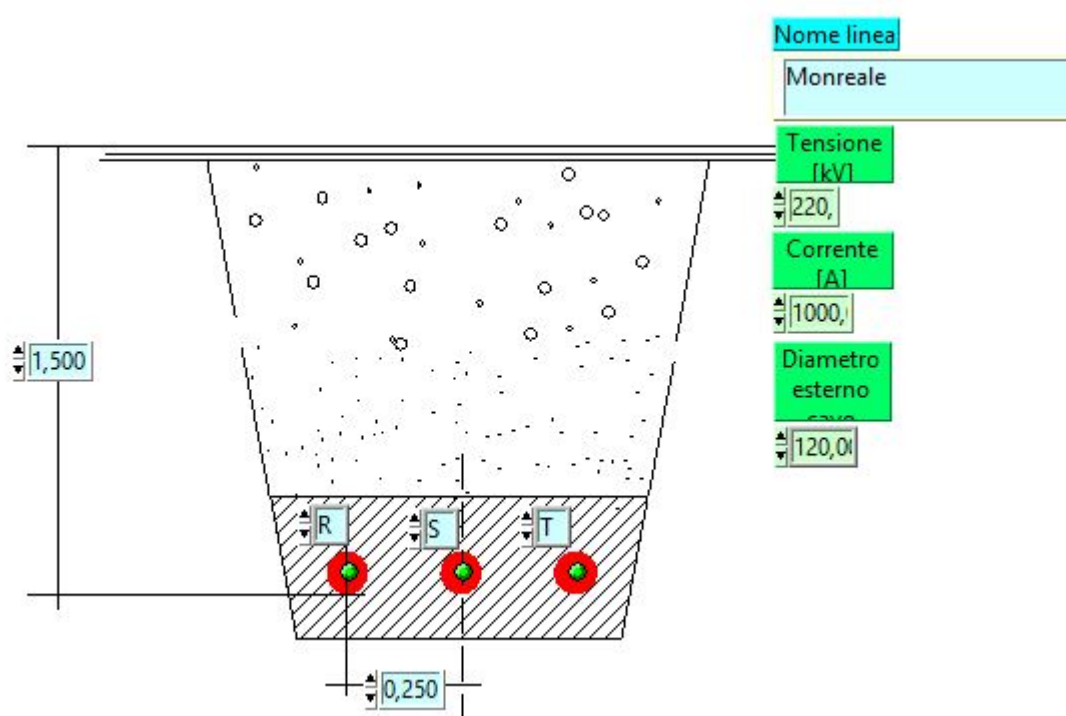
Si precisa inoltre che per il calcolo è stata ipotizzata una posa dei conduttori in piano con un sistema di collegamento a terra degli schermi metallici del tipo solid bonding che rappresenta anch'essa un'ipotesi cautelativa ai fini del calcolo dei campi magnetici.

2.3 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A FREQUENZA INDUSTRIALE

L'andamento dei campi, rappresentato nei grafici e nelle tabelle di seguito riportati, sono riferiti all'asse linea sul piano di campagna in prossimità dell'elettrodotto, prevedendo una profondità dei conduttori rispetto al terreno pari a 1,5 m.

Il progetto è stato sviluppato in modo da rispettare il dettato dell'art. 4 del DPCM 08 luglio 2003 di cui alla Legge n° 36 del 22/02/2001, che impone un valore limite di qualità dei campi magnetici di 3 µT (c.d. obiettivo di qualità) da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Figura 4



Disegno schematico della configurazione dell'elettrodotto per il calcolo dei campi elettromagnetici

2.3.1 Campo elettrico

Per i cavi interrati, il campo elettrico al suolo può essere considerato nullo in quanto i cavi sono protetti da uno schermo metallico che limita quasi del tutto i suoi effetti. Il rispetto, pertanto, della normativa vigente è sempre garantito indipendentemente dalla distanza di manufatti e persone dall'elettrodotto.

2.3.2 Campo magnetico

Il valore di induzione magnetica è variabile in funzione dell'intensità della corrente elettrica che percorre il cavo e dal tipo di posa dello stesso.

Diversamente dal campo elettrico, il livello di mitigazione del valore di induzione magnetica dovuta alla presenza di schermi protettivi non rende il campo magnetico

trascurabile, bisogna quindi calcolare il valore di campo magnetico per verificare che la configurazione ipotizzata rientri nei limiti imposti dalla normativa vigente.

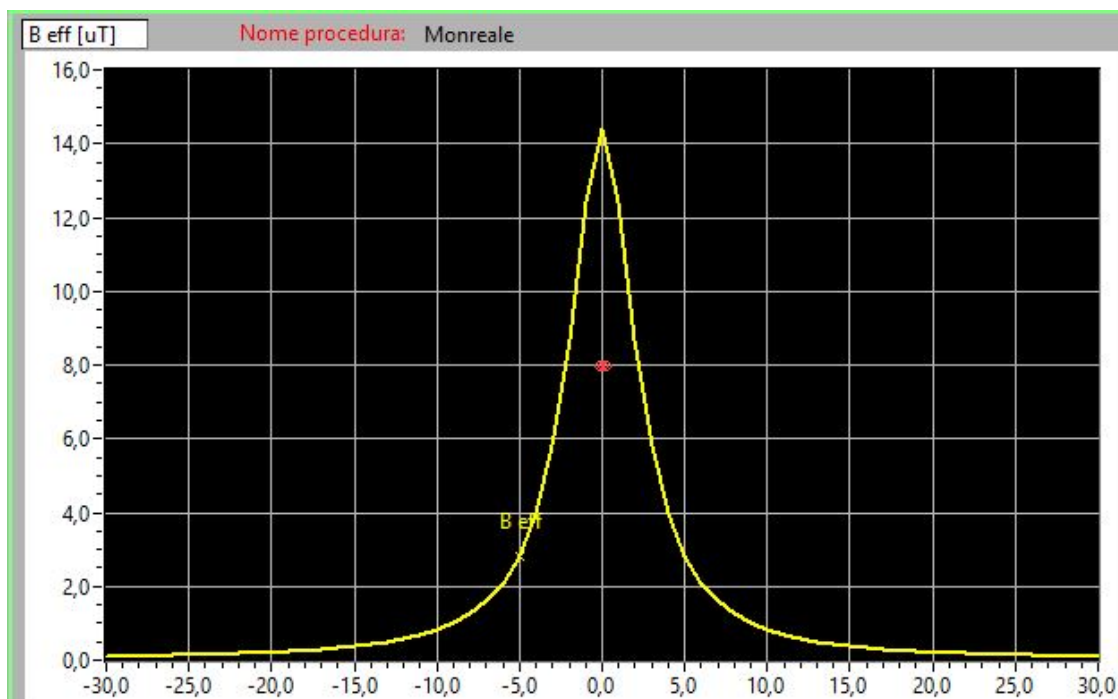
La Legge n° 36 del 22/02/2001 prevede che il valore di induzione magnetica sia fornito come media dei valori assunti nell'arco di 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio. Non essendo prevedibile l'andamento nelle 24 ore delle correnti nei cavi (che sono la causa del campo magnetico), si è preferito, prudenzialmente, eseguire i calcoli supponendo le correnti costanti in tale intervallo di tempo e corrispondenti ai valori di portata al limite termico dei conduttori.

Inoltre, come già detto, si ipotizza una corrente pari a 1.000 A, di posizionare i cavi ad una profondità di 1,5 m e distanziarli l'uno dall'altro di 0,25 m.

Come si evince dalle analisi e dai grafici sotto riportati, il valore di 3 μ T (obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003) si manifesta ad una distanza di circa 5 m dall'asse di simmetria del conduttore centrale.

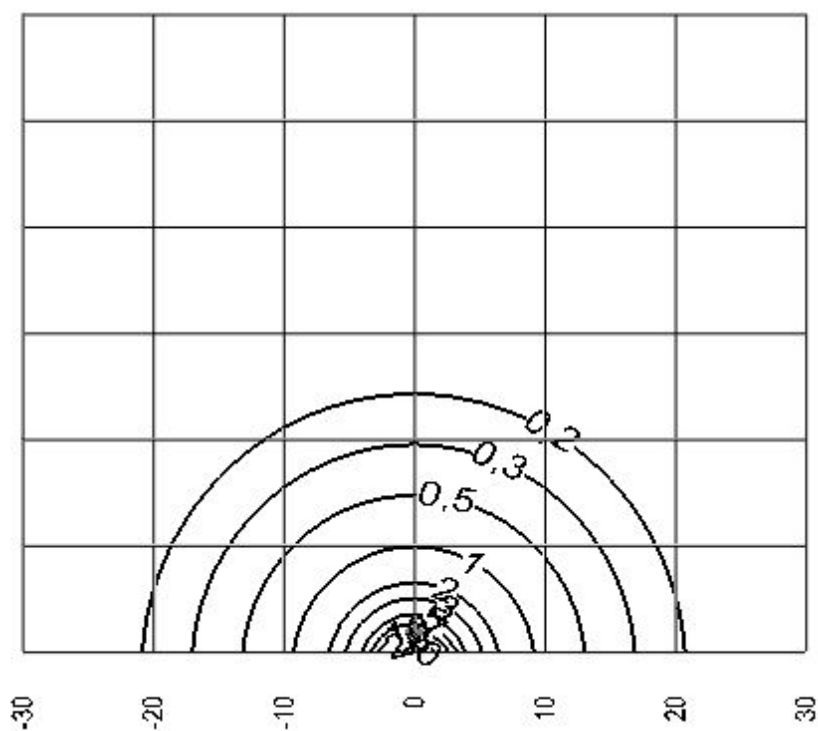
Come già detto, nelle reali condizioni di esercizio, il valore di corrente transitante sarà certamente minore di quello considerato nei calcoli e quindi si può certamente ipotizzare che anche i valori di induzione magnetica corrispondenti saranno minori di quelli calcolati.

Figura 5



Profilo laterale del campo magnetico al suolo con cavi posizionati ad una profondità di 1,5 m

Figura 6



Curve dell'induzione magnetica al suolo

2.4 VALORI NUMERICI

Tabella riepilogativa dei valori numerici del profilo laterale del campo elettrico e del campo magnetico.

Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-30,000	0,000	0,000	0,000	0.015	0.094	0.096
-29,000	0,000	0,000	0,000	0.017	0.101	0.102
-28,000	0,000	0,000	0,000	0.019	0.108	0.110
-27,000	0,000	0,000	0,000	0.021	0.116	0.118
-26,000	0,000	0,000	0,000	0.024	0.125	0.127
-25,000	0,000	0,000	0,000	0.027	0.135	0.137
-24,000	0,000	0,000	0,000	0.030	0.146	0.149
-23,000	0,000	0,000	0,000	0.034	0.158	0.162
-22,000	0,000	0,000	0,000	0.039	0.172	0.177
-21,000	0,000	0,000	0,000	0.044	0.189	0.194
-20,000	0,000	0,000	0,000	0.051	0.207	0.213
-19,000	0,000	0,000	0,000	0.060	0.228	0.236
-18,000	0,000	0,000	0,000	0.070	0.253	0.263
-17,000	0,000	0,000	0,000	0.083	0.282	0.294
-16,000	0,000	0,000	0,000	0.099	0.316	0.331
-15,000	0,000	0,000	0,000	0.119	0.356	0.375
-14,000	0,000	0,000	0,000	0.145	0.404	0.429
-13,000	0,000	0,000	0,000	0.180	0.461	0.495
-12,000	0,000	0,000	0,000	0.226	0.532	0.578
-11,000	0,000	0,000	0,000	0.289	0.618	0.683
-10,000	0,000	0,000	0,000	0.377	0.726	0.818
-9,000	0,000	0,000	0,000	0.504	0.860	0.997
-8,000	0,000	0,000	0,000	0.692	1.028	1.239
-7,000	0,000	0,000	0,000	0.982	1.235	1.578
-6,000	0,000	0,000	0,000	1.444	1.479	2.067
-5,000	0,000	0,000	0,000	2.212	1.720	2.802
-4,000	0,000	0,000	0,000	3.519	1.799	3.952
-3,000	0,000	0,000	0,000	5.683	1.162	5.800
-2,000	0,000	0,000	0,000	8.512	1.793	8.699
-1,000	0,000	0,000	0,000	8.633	8.892	12.393
0,000	0,000	0,000	0,000	0.852	14.395	14.420
1,000	0,000	0,000	0,000	8.633	8.892	12.393
2,000	0,000	0,000	0,000	8.512	1.793	8.699
3,000	0,000	0,000	0,000	5.683	1.162	5.800
4,000	0,000	0,000	0,000	3.519	1.799	3.952

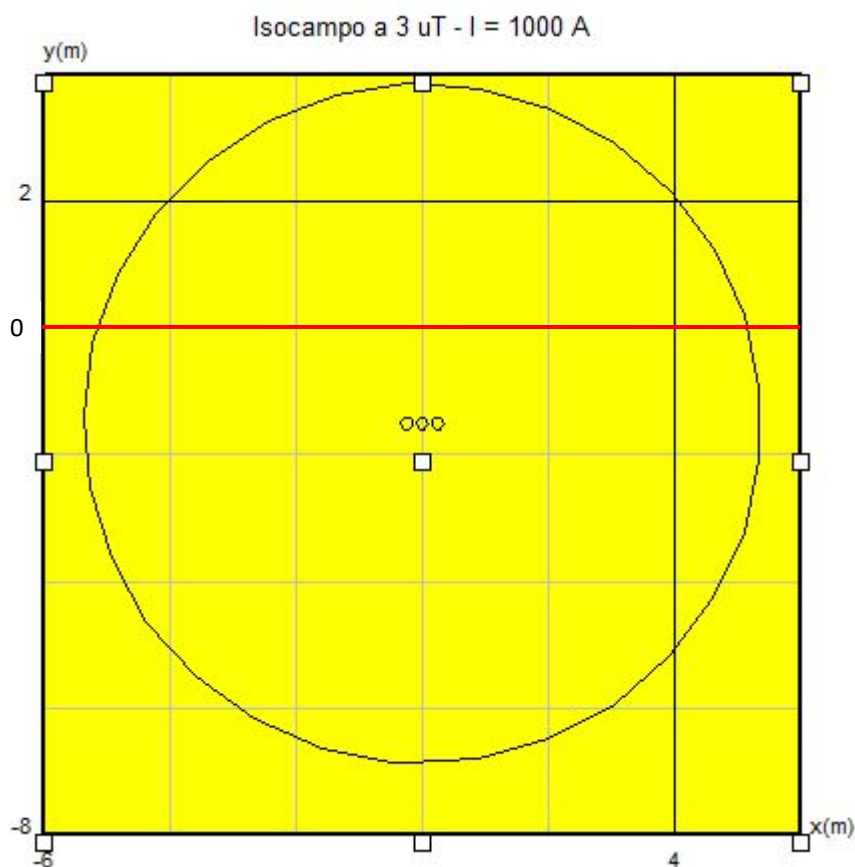
Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
5,000	0,000	0,000	0,000	2.212	1.720	2.802
6,000	0,000	0,000	0,000	1.444	1.479	2.067
7,000	0,000	0,000	0,000	0.982	1.235	1.578
8,000	0,000	0,000	0,000	0.692	1.028	1.239
9,000	0,000	0,000	0,000	0.504	0.860	0.997
10,000	0,000	0,000	0,000	0.377	0.726	0.818
11,000	0,000	0,000	0,000	0.289	0.618	0.683
12,000	0,000	0,000	0,000	0.226	0.532	0.578
13,000	0,000	0,000	0,000	0.180	0.461	0.495
14,000	0,000	0,000	0,000	0.145	0.404	0.429
15,000	0,000	0,000	0,000	0.119	0.356	0.375
16,000	0,000	0,000	0,000	0.099	0.316	0.331
17,000	0,000	0,000	0,000	0.083	0.282	0.294
18,000	0,000	0,000	0,000	0.070	0.253	0.263
19,000	0,000	0,000	0,000	0.060	0.228	0.236
20,000	0,000	0,000	0,000	0.051	0.207	0.213
21,000	0,000	0,000	0,000	0.044	0.189	0.194
22,000	0,000	0,000	0,000	0.039	0.172	0.177
23,000	0,000	0,000	0,000	0.034	0.158	0.162
24,000	0,000	0,000	0,000	0.030	0.146	0.149
25,000	0,000	0,000	0,000	0.024	0.125	0.127
26,000	0,000	0,000	0,000	0,611	0,895	1,084
27,000	0,000	0,000	0,000	0.021	0.116	0.118
28,000	0,000	0,000	0,000	0.019	0.108	0.110
29,000	0,000	0,000	0,000	0.017	0.101	0.102
30,000	0,000	0,000	0,000	0.015	0.094	0.096

3. FASCIA DI RISPETTO

Una prima approssimazione nella determinazione delle fasce di rispetto è rappresentata dalla Distanza di Prima Approssimazione, che viene valutata in accordo a quanto disposto dal DM 29 maggio 2008, il cui allegato fissa la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Nel caso in esame, nelle ipotesi di calcolo definite nel paragrafo 2.2, la sezione trasversale del cilindroide la cui superficie è caratterizzata da un valore di campo magnetico pari a 3 μ T (obiettivo di qualità) risulta quella evidenziata in figura 7.

Figura 7



La DPA corrispondente alla fascia di rispetto dell'elettrodotto in esame risulta pertanto pari a poco più di 5 m.

Come detto, tuttavia, la determinazione della DPA rappresenta una prima approssimazione nella verifica delle fasce di rispetto degli elettrodotti; si può infatti notare come il cilindroide la cui superficie è caratterizzata da un valore di campo magnetico pari a $3 \mu\text{T}$ si mantiene, nel caso in esame, in buona parte al di sotto del piano di campagna. Pertanto, nella realtà, il rispetto dell'obiettivo di qualità è garantito nell'ambito di una fascia di 5 m per lato dall'asse.

Tale valore inoltre, come detto, è determinato in maniera cautelativa mettendosi nelle condizioni più onerose di disposizione dei conduttori in piano, seppure le modalità di posa prevedano anche la disposizione a trifoglio che comporta quasi il dimezzamento della fascia di rispetto.

Nei casi di interferenza con aree critiche, attualmente non rilevate nell'analisi preliminare, ci si riserva, in fase esecutiva, di rideterminare le fasce di rispetto nelle reali condizioni di posa ed eventualmente di adottare una schermatura supplementare dei conduttori. Analogo procedimento verrà adottato in relazione alle buche giunti, in cui i conduttori sono necessariamente disposti in piano e l'interdistanza può essere superiore a quella ordinaria.

3.1 ANALISI DEI VALORI

Dall'analisi dei risultati ottenuti in relazione ai valori dei campi elettrici e magnetici emessi dall'elettrodotto in esame e dal confronto con la documentazione cartografica di progetto, si riscontra che il collegamento in argomento risponde a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

Si riscontra infatti che all'interno della DPA precedentemente determinata non è presente alcun area che rientri nei criteri di applicabilità dell'obiettivo di qualità (aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere).

All'interno di tale fascia non sarà inoltre possibile prevedere la realizzazione di alcun edificio con destinazione rientrante nei criteri sopra esposti.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

- *DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";*

- *Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";*
- *Norma CEI 11/60 (2^a edizione) "portate al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";*
- *Norma CEI 211/4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";*
- *Norma CEI 20/21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1 in regime permanente*
- *Norma CEI 11/17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia – Linee in cavo".*