



CITTA' METROPOLITANA DI BARI



REGIONE PUGLIA



COMUNE di ALTAMURA



COMUNE di GRAVINA
DI PUGLIA

PROGETTO DELLA FUTURA STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 150/36 kV IN ENTRA-ESCI ALLA LINEA "ALTAMURA ALL. - MATERA NORD" E RACCORDI ALLA LINEA "PELLICCIARI - GRAVINA 150 kV"



Proponente



wpd altilia s.r.l.
Corso d'Italia, 83
00198 - Roma
Tel: +39 06 960 353-10
e-mail: info@wpd-italia.it

Progettazione



**Viale Michelangelo, 71
80129 Napoli
TEL.081 579 7998
mail: tecnico@insesrl.it**




Elaborato

Nome Elaborato:

RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI - OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

00	Luglio 2022	PRIMA EMISSIONE	INSE Srl	F. Di Maso	WPD SRL
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	-:-				
Formato:	A4	Codice Pratica	S242	Codice Elaborato	S242-CE01-R

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	METODOLOGIA DI CALCOLO	2
2.1	valutazione cem ELETTRODOTTI AEREI A 150 kV	3
2.1.1	ANALISI CAMPO ELETTRICO TRATTE AREEE	3
2.1.2	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	5
2.1.3	CORRENTI DI CALCOLO	5
2.1.4	VALUTAZIONE DpA DELL'ELETTRODOTTO AEREO	6
2.2	VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO 150 kV	9
2.2.1	Analisi del campo elettrico tratte in cavo interrato	9
2.2.2	Distanza di Prima Approssimazione	9
2.2.3	Correnti di calcolo	9
2.2.4	Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo della DpA.....	9
2.2.5	Valutazione della DpA dell'elettrodotto interrato	10
3	SE 150/36 KV	11
4	VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA	15
5	CONCLUSIONI	16

1 PREMESSA

La società TERNA Spa ha rilasciato alla società WPD Altilia Srl la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) Cod. Pratica 201901318 per immettere sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di origine eolica per una potenza complessiva di 78 MW.

La STMG rilasciata prevede che il suddetto parco eolico venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 150/36 kV della RTN da collegare in modalità entra – esci alla linea esistente RTN a 150 kV “Altamura All.-Matera Nord”; previa la realizzazione dei raccordi di entra – esce della linea RTN a 150 kV “Altamura-Pellicciari-Gravina” ad una futura SE di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entra–esci alla linea RTN a 380 kV “Genzano–Matera”. di una nuova stazione, in corso di autorizzazione, 380/150 kV sita nel Comune di Gravina di Puglia (BA).

Si prevedono i seguenti interventi:

- a) Realizzazione di una nuova stazione di trasformazione 150/36 kV, secondo il nuovo standard Terna, da collegare in entra-esci sulla linea 150 kV “Altamura-Matera Nord” a doppio sistema di sbarre e parallelo lato 150kV.
- b) Raccordi aerei a 150 kV della nuova stazione di trasformazione alla esistente linea 150 kV “Altamura-Matera Nord”.
- c) Raccordi aerei a 150 kV della linea esistente di Terna “Gravina-Pellicciari” alla sezione di una nuova stazione, in fase di autorizzazione, 380/150 kV sita nel Comune di Gravina di Puglia (BA)

Le opere di cui sopra costituiscono opere della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La presente relazione descrive l’andamento dei campi elettrici e magnetici e calcola la fascia di rispetto delle opere di connessione della RTN, per quali sono stati redatti conseguentemente gli elaborati S242-CE02-D e S242-CE03-D.

2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del D.P.C.M. dell’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”, nonché della “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, approvata con DM 29 maggio 2008. (Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160)

Per “**fasce di rispetto**” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

2.1 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTI AEREI A 150 kV

2.1.1 ANALISI CAMPO ELETTRICO TRATTE AEREE

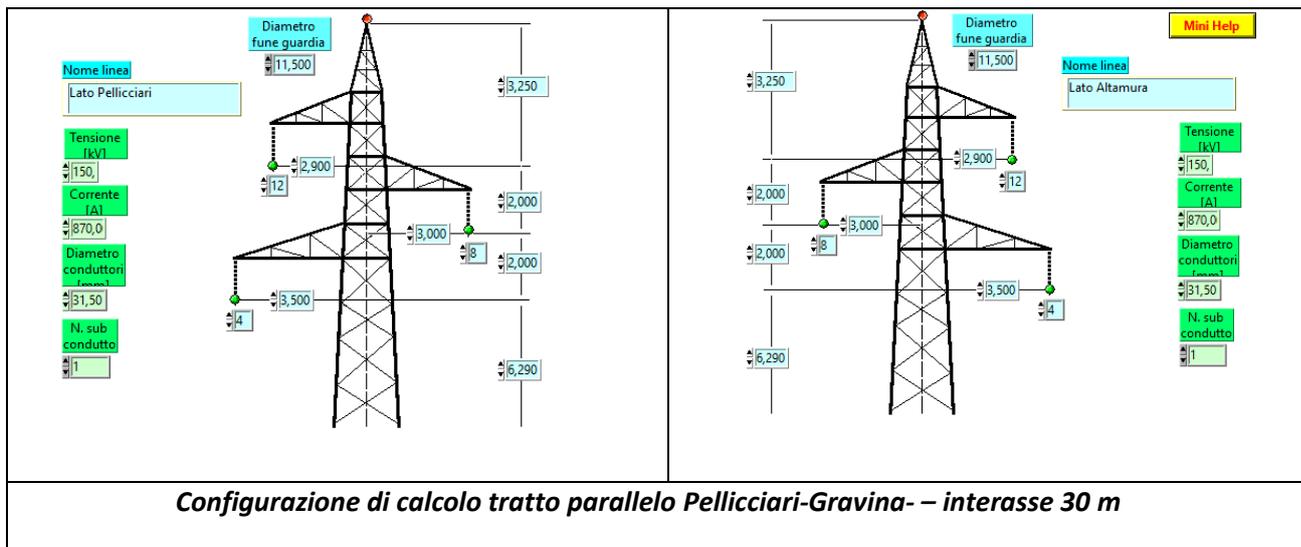
Per il calcolo del campo elettrico è stato utilizzato il programma “EMF Vers 4.0”, sviluppato per TERNA, da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un’altezza dei conduttori dal suolo pari a 6,40 m, corrispondente cioè all’approssimazione per eccesso del valore indicato dal D.M. 1991 per le linee aeree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato nella figura seguente. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa.

Si precisa, inoltre, che la tensione nominale per le varianti è assunta pari a 150kV mentre la tensione di esercizio è pari a 132kV.

Per quanto sopra, le ipotesi di calcolo assunte risultano sempre conservative ai fini dei CEM.

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra i sostegni P.70/A1 e P.70/B1 fino ai sostegni P70/A5 e P70/B5 della linea “Pellicciari-Gravina”, posti a 30 m di distanza, è indicato nelle seguenti figure:



Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dalle linee ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

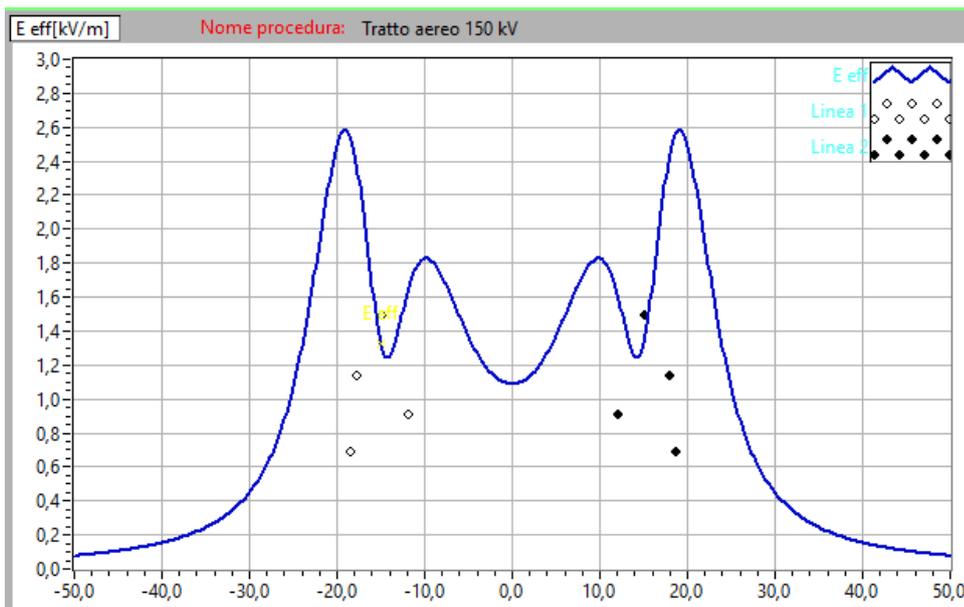


Figura 1. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotti ai parallelli – 2,6 kV/m;

Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato nei tratti delle linee aeree “Pellicciari-Gravina” e “Altamura-Matera Nord” sono singole ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

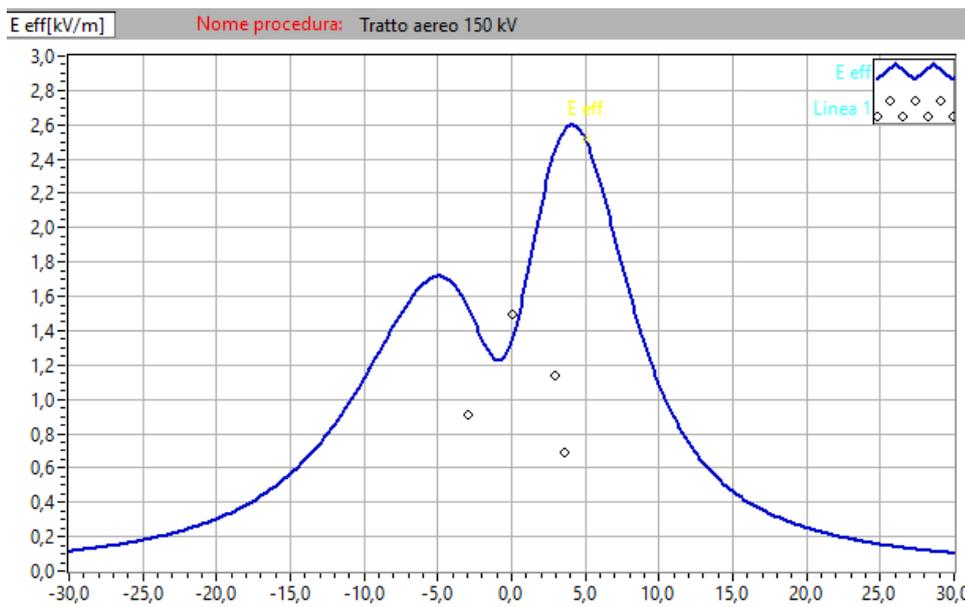


Figura 2. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m da terra generato dal singolo elettrodotto pari a 2,6 kV/m; Come si vede, in entrambe le situazioni, il valore del campo elettrico è minore del limite di 5 kV/m imposto da normativa.

2.1.2 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DpA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto”.

Tale decreto prevede per il calcolo della DpA l’utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo.

2.1.3 CORRENTI DI CALCOLO

Nel calcolo si è considerata la corrente corrispondente alla portata in servizio normale della linea pari a 870A come definito dalla norma CEI 11-60 e conformemente al disposto del D.P.C.M. 08/07/2003.

TENSIONE NOMINALE	PORTATA IN CORRENTE (A) DEL CONDUTTORE SECONDO CEI 11-60			
	ZONA A		ZONA B	
	PERIODO C	PERIODO F	PERIODO C	PERIODO F
150 kV	620	870	575	675

Gli elettrodotti interessati dalle varianti sono ubicati geograficamente in **zona A**.

2.1.4 VALUTAZIONE DpA DELL'ELETTRODOTTO AEREO

Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione relativa alla tratta aerea in variante degli elettrodotti **"Altamura-Matera Nord"** e **"Pellicciari-Gravina"**, in condizione "imperturbata".

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra i sostegni P.70/A1 e P.70/B1 fino ai sostegni P70/A5 e P70/B5 della linea "Pellicciari-Gravina", situate a 30 m di distanza, è indicate nel paragrafo 2.1.1

Di seguito il grafico del profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra:

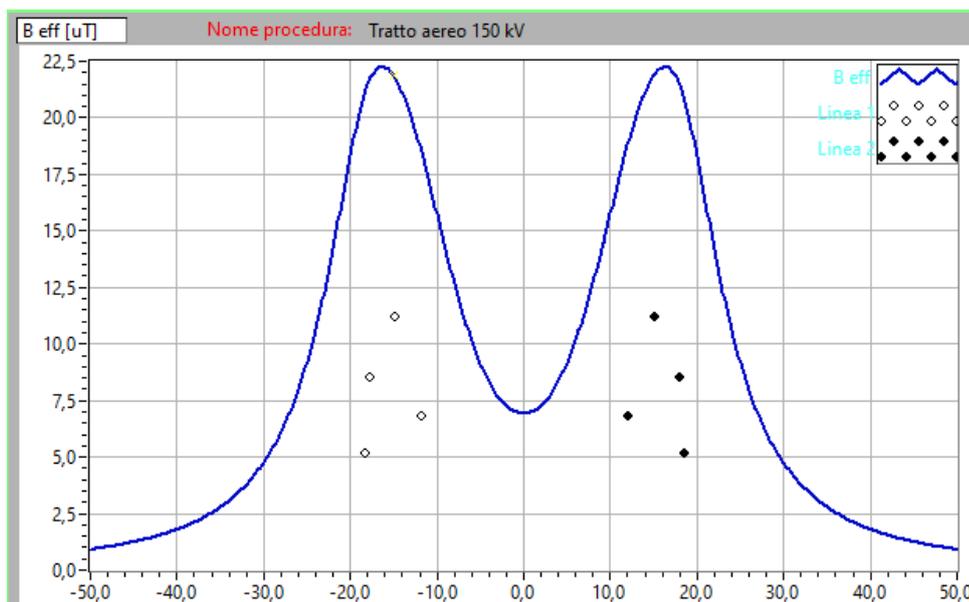


Figure 3. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotti ai parallelli – 22,4 μ T
E della DpA imperturbata generata dai due elettrodotti paralleli:

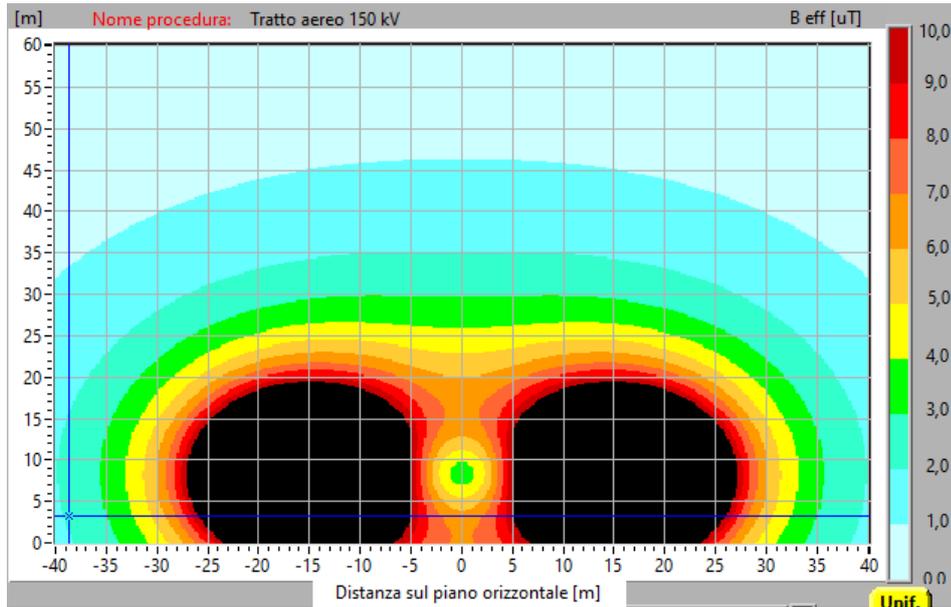


Figure 4. Max DpA= +/- 35 m dall'interasse delle due linee parallele calcolata a quota conduttori

Nei tratti delle linee "Altamura-Matera Nord" e "Pellicciari-Gravina" dove non vi sono parallelismi vengono riportati i grafici del profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra e della DpA:

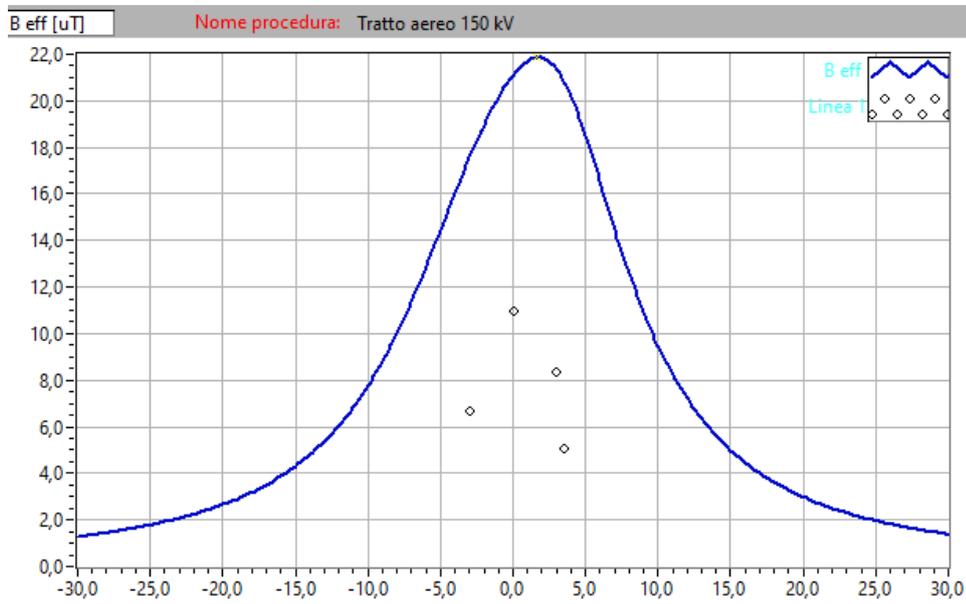


Figure 5. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra generato dal singolo elettrodotto -22 μT

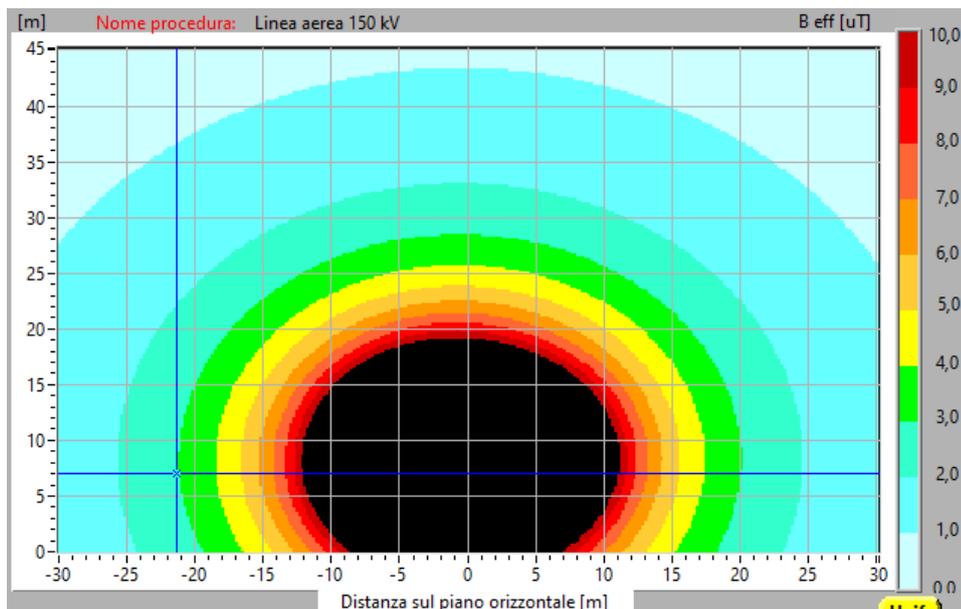


Figure 6. Max DpA= \pm 22 dall'asse del singolo elettrodotto calcolata a quota conduttori

I due valori considerano l'asimmetria della posizione nello spazio dei conduttori (2 mensole su un lato, 1 mensola sull'altro). Il valore maggiore è pari a \pm 35 m dall'intersasse delle linee parallele, mentre è pari a \pm 22 m dall'asse della linea singola.

Per il calcolo delle isocampo sopra riportate, è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.03" sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4 ed in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni sono state riportate le aree di prima approssimazione calcolate applicando i procedimenti semplificati riportati nella metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008; in particolare:

- nei tratti dei parallelismi delle linee:
sono stati calcolati gli incrementi ai valori delle semifasce calcolate come imperturbate secondo quanto previsto dal par. 5.1.4.1 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.
- nei cambi di direzione si sono applicate le estensioni della fascia di rispetto lungo la bisettrice all'interno ed all'esterno dell'angolo tra due campate (si veda par. 5.1.4.2 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008);
- negli incroci con altre linee con tensione superiore a 132 kV si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008, valido per incroci tra linee ad alta tensione.

2.2 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO 150 kV

2.2.1 Analisi del campo elettrico tratte in cavo interrato

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche, rende di fatto il **campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili **è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto**. Non si riporta rappresentazione del calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché come detto **il campo elettrico esterno al cavo è nullo**.

2.2.2 Distanza di Prima Approssimazione

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di D_{pa} si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”.

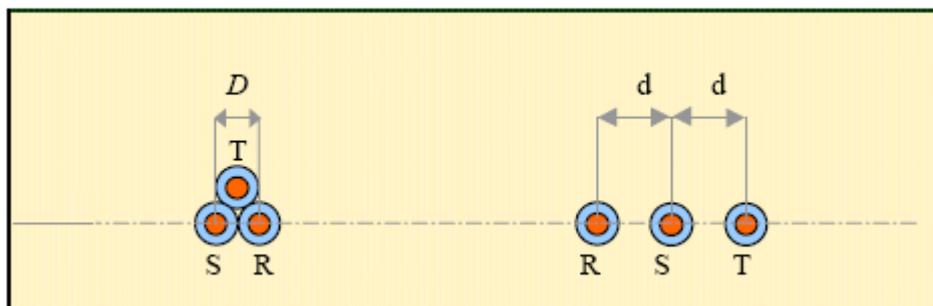
Tale decreto prevede per il calcolo della D_{pa} l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo. A tal proposito si riporta di seguito il calcolo della Distanza di prima approssimazione degli elettrodotti in cavo in oggetto dello studio.

2.2.3 Correnti di calcolo

La corrente utilizzata per la determinazione delle fasce di rispetto, e quindi delle D_{pa} , è pari alla corrente nominale del cavo da 1600 mm² e cioè 1045 A.

2.2.4 Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo della D_{pa}

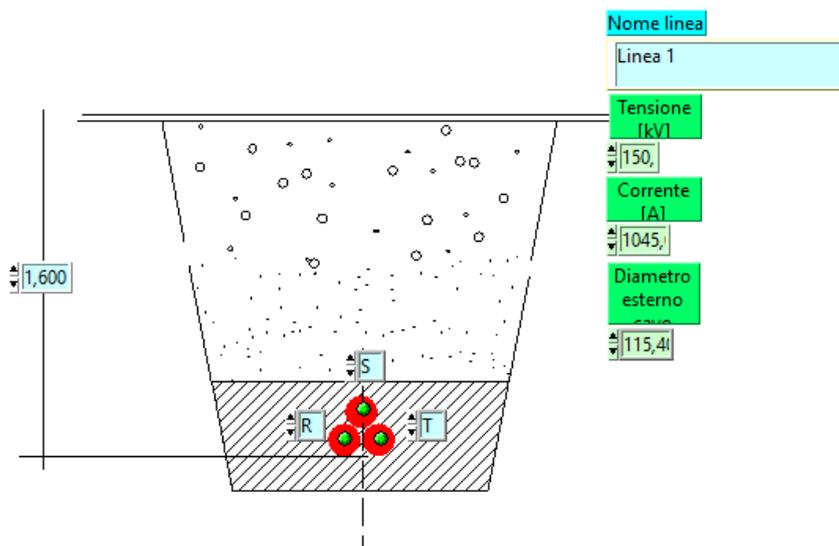
Gli schemi tipici di posa di un elettrodotto a 150 kV sono tipicamente a trifoglio o in piano, come rappresentato nella figura seguente:



La posa a trifoglio riduce la portata di corrente ammissibile del cavo dovuta al regime termico che si instaura a causa della vicinanza dei cavi. Al contrario la posa in piano presenta livelli di portata in corrente proporzionali alla distanza di interasse dei cavi.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m.

La disposizione delle fasi sarà “a trifoglio”:



2.2.5 Valutazione della DpA dell'elettrodotto interrato

La linea aerea “Pellicciari-Gravina”, dai sostegni P70/A5 e P70/B5, proseguirà il suo tragitto verso la SE 150/36 kV mediante 2 cavidotti interrati paralleli. Si definisce di seguito il profilo laterale dell'induzione magnetica:

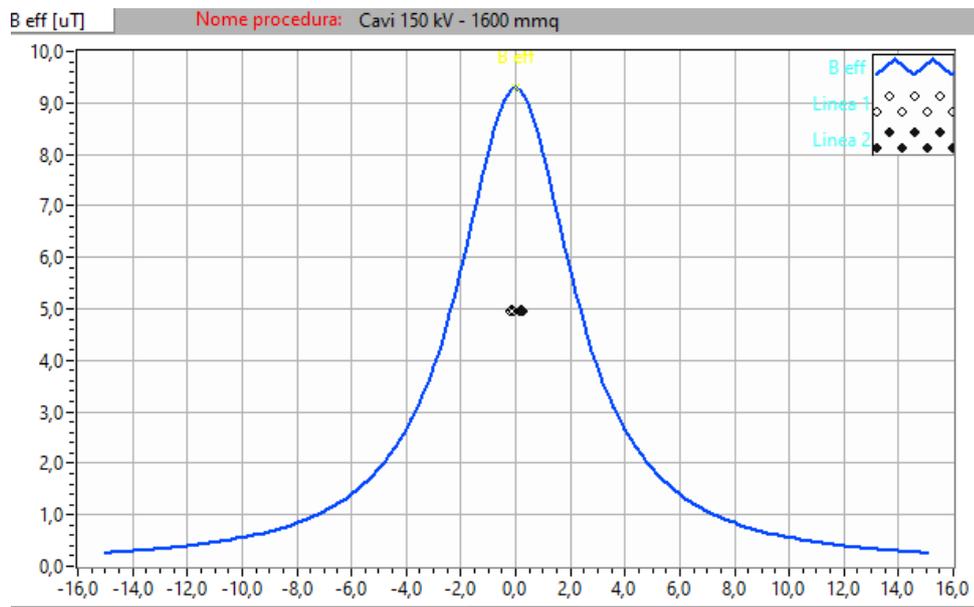


Figure 7. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra generato dai 2 cavidotti paralleli 9,4 μ T.

E della DpA:

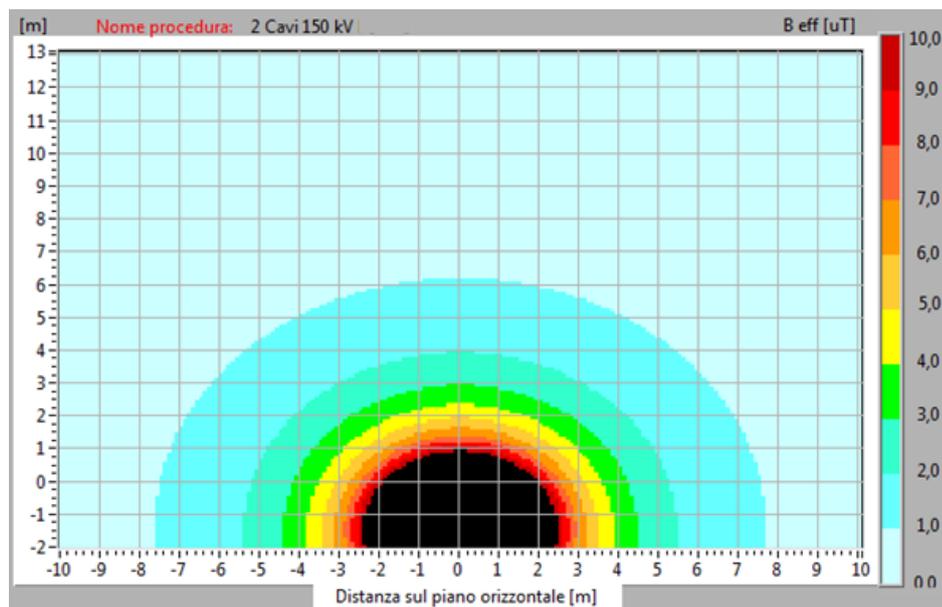


Figure 8. Max DpA= +/- 5 m dall'interasse dei cavidotti calcolata a quota conduttori.

Si osserva inoltre che la DpA è di 4,40 m a sinistra e a destra dall'asse e pertanto la fascia di rispetto per tutto questo tratto vale circa 8,8 m quindi +/-5 m centrata in asse linea (arrotondata per eccesso).

3 SE 150/36 KV

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella

stazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Negli impianti unificati Terna, con isolamento in aria, sono stati eseguiti rilievi sperimentali per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni d'esercizio, con particolare riguardo ai punti dove è possibile il transito del personale (viabilità interna).

I valori massimi di campo magnetico si presentano in corrispondenza degli ingressi linea a 380 kV.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, i rilievi sperimentali eseguiti nelle stazioni della RTN per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio si possono estendere alla nuova stazione elettrica in progetto 150/36 kV, nonostante le considerazioni fatte a seguire sono state eseguite sulla base di una stazione 380/150 kV e sono descritti nel seguito.

La seguente fig.9 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132-150 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. 9 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. 9 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 che segue 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. 10 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. 11 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 2, 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 documento 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.

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

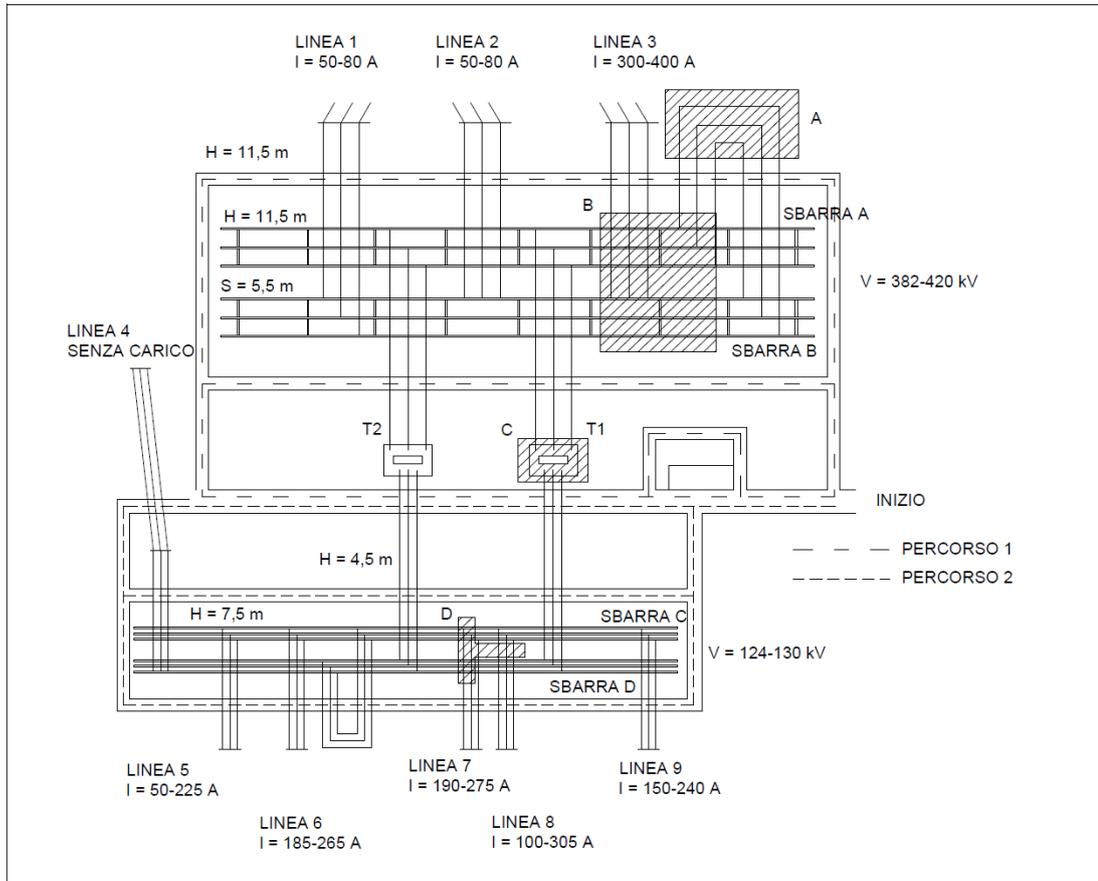


Figura 9 Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

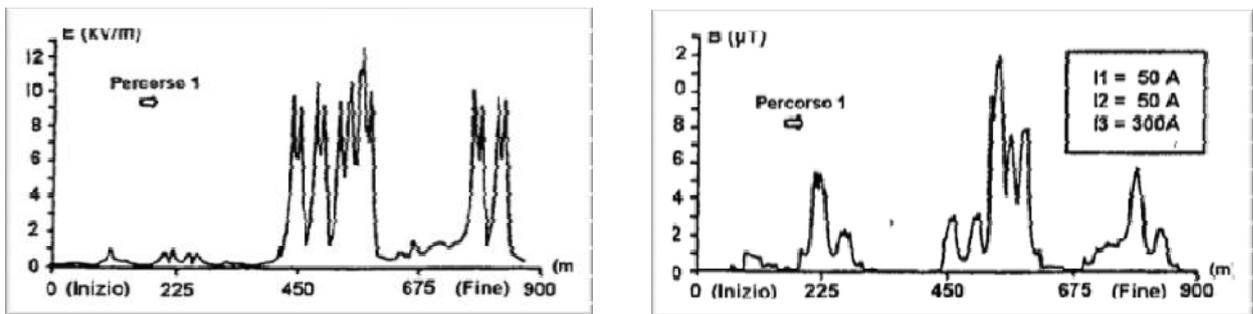


Figura 10 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig.9

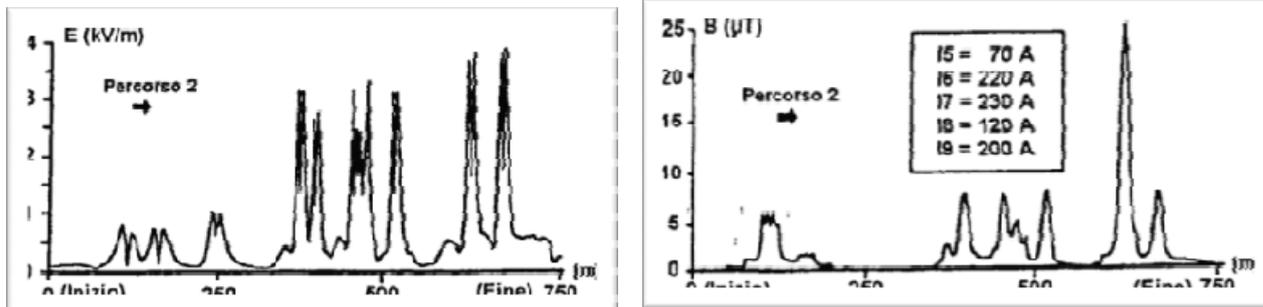


Figura 11 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 132 kV della stazione riportata in fig. 10

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 Riepilogo risultati delle misure dei campi elettrici e magnetici effettuate nelle aree A, B, C e D

Si può notare come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti.

Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente come riportato nella documentazione progettuale dell'elettrodotto alla quale si rimanda per approfondimenti.

In sintesi, i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

4 VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA

E' stata condotta l'analisi di tutti i possibili recettori ricadenti all'interno della DPA con riferimento alle opere di progetto da realizzare per le linee "Altamura-Matera Nord" e "Pellicciari-Gravina".

Risulta, sulla base delle indagini svolte, che nessun recettore ricade nella fascia DPA così calcolata e riportato nelle planimetrie doc. "S242-CE02-D_PLANIMETRIA CATASTALE CON DPA - STAZIONE 150-36 kV

ALTAMURA E RACCORDI” e “S242-CE03-D_PLANIMETRIA CATASTALE CON DPA - RACCORDI 150 kV AEREO-CAVO GRAVINA PELLICCIARI ALLA STAZIONE GRAVINA 380-150 kV”.

5 CONCLUSIONI

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati per la determinazione delle fasce di rispetto ai sensi della normativa vigente calcolate in funzione del valore di corrente permanente nominale del cavo prescelto come prescritto dal DM MATT del 29.05.2008 e s.m.i.

Riepilogo Dpa e fasce di rispetto per tratte di impianto:

	DPA (m)	Fascia di rispetto (m)
RACCORDO AEREO 150 kV	+/- 22	44
RACCORDI AEREI 150 kV PARALLELI	+/- 35	70
CAVO 150 kV	+/- 5	10
SE 150/ 36 kV	PARI ALLA DPA GENERATA DALLE LINEE ENTRANTI ALLA SE	

Inoltre, si afferma che:

- Il valore del campo elettrico è sempre inferiore al limite fissato di 5 kV/m;
- Il valore del campo di induzione magnetica è sempre inferiore al limite massimo di 100 μ T.

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	METODOLOGIA DI CALCOLO	2
2.1	valutazione cem ELETTRODOTTI AEREI A 150 kV	3
2.1.1	ANALISI CAMPO ELETTRICO TRATTE AEREE	3
2.1.2	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	5
2.1.3	CORRENTI DI CALCOLO	5
2.1.4	VALUTAZIONE DpA DELL'ELETTRODOTTO AEREO	6
2.2	VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO 150 kV	9
2.2.1	Analisi del campo elettrico tratte in cavo interrato	9
2.2.2	Distanza di Prima Approssimazione	9
2.2.3	Correnti di calcolo	9
2.2.4	Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo della DpA.....	9
2.2.5	Valutazione della DpA dell'elettrodotto interrato	10
3	SE 150/36 KV	11
4	VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA	15
5	CONCLUSIONI	16

1 PREMESSA

La società TERNA Spa ha rilasciato alla società WPD Altilia Srl la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) Cod. Pratica 201901318 per immettere sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di origine eolica per una potenza complessiva di 78 MW.

La STMG rilasciata prevede che il suddetto parco eolico venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 150/36 kV della RTN da collegare in modalità entra – esci alla linea esistente RTN a 150 kV “Altamura All.-Matera Nord”; previa la realizzazione dei raccordi di entra – esce della linea RTN a 150 kV “Altamura-Pellicciari-Gravina” ad una futura SE di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entra–esce alla linea RTN a 380 kV “Genzano–Matera”. di una nuova stazione, in corso di autorizzazione, 380/150 kV sita nel Comune di Gravina di Puglia (BA).

Si prevedono i seguenti interventi:

- a) Realizzazione di una nuova stazione di trasformazione 150/36 kV, secondo il nuovo standard Terna, da collegare in entra-esci sulla linea 150 kV “Altamura-Matera Nord” a doppio sistema di sbarre e parallelo lato 150kV.
- b) Raccordi aerei a 150 kV della nuova stazione di trasformazione alla esistente linea 150 kV “Altamura-Matera Nord”.
- c) Raccordi aerei a 150 kV della linea esistente di Terna “Gravina-Pellicciari” alla sezione di una nuova stazione, in fase di autorizzazione, 380/150 kV sita nel Comune di Gravina di Puglia (BA)

Le opere di cui sopra costituiscono opere della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La presente relazione descrive l’andamento dei campi elettrici e magnetici e calcola la fascia di rispetto delle opere di connessione della RTN, per quali sono stati redatti conseguentemente gli elaborati S242-CE02-D e S242-CE03-D.

2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del D.P.C.M. dell’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”, nonché della “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, approvata con DM 29 maggio 2008. (Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160)

Per “**fasce di rispetto**” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

2.1 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTI AEREI A 150 kV

2.1.1 ANALISI CAMPO ELETTRICO TRATTE AEREE

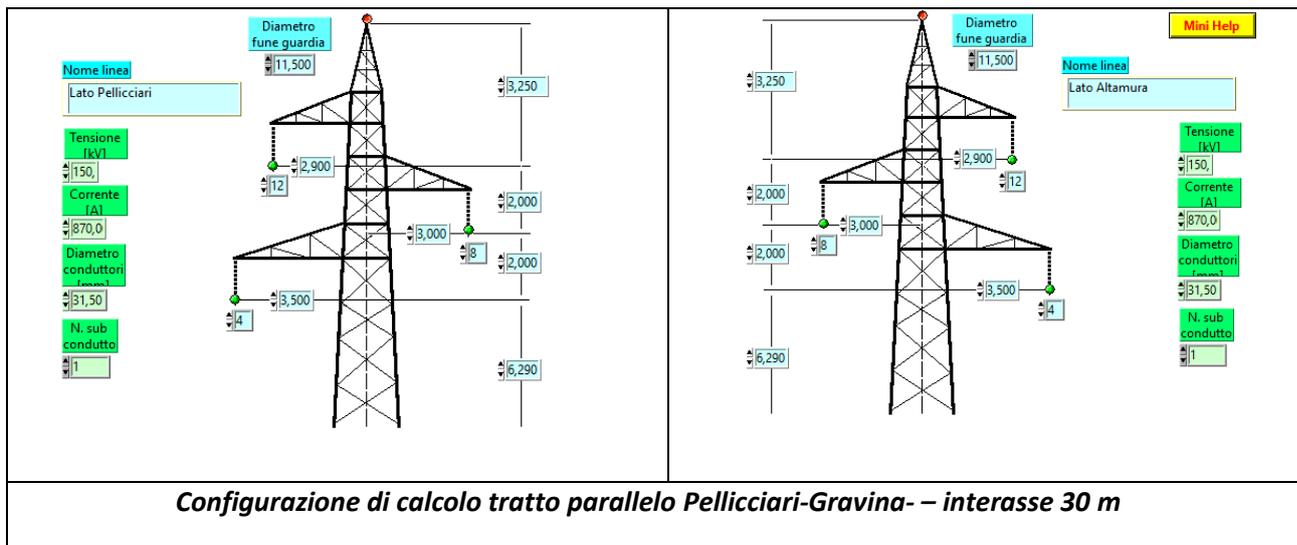
Per il calcolo del campo elettrico è stato utilizzato il programma “EMF Vers 4.0”, sviluppato per TERNA, da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per il calcolo delle intensità del campo elettrico si è considerata un’altezza dei conduttori dal suolo pari a 6,40 m, corrispondente cioè all’approssimazione per eccesso del valore indicato dal D.M. 1991 per le linee aeree ove è prevista la presenza prolungata di persone sotto la linea. Tale ipotesi è conservativa, in quanto la loro altezza è, per scelta progettuale, sempre maggiore di tale valore. I conduttori sono ancorati ai sostegni, come da disegno schematico riportato nella figura seguente. Tra due sostegni consecutivi il conduttore si dispone secondo una catenaria, per cui la sua altezza dal suolo è sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa.

Si precisa, inoltre, che la tensione nominale per le varianti è assunta pari a 150kV mentre la tensione di esercizio è pari a 132kV.

Per quanto sopra, le ipotesi di calcolo assunte risultano sempre conservative ai fini dei CEM.

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra i sostegni P.70/A1 e P.70/B1 fino ai sostegni P70/A5 e P70/B5 della linea “Pellicciari-Gravina”, posti a 30 m di distanza, è indicato nelle seguenti figure:



Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato dalle linee ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

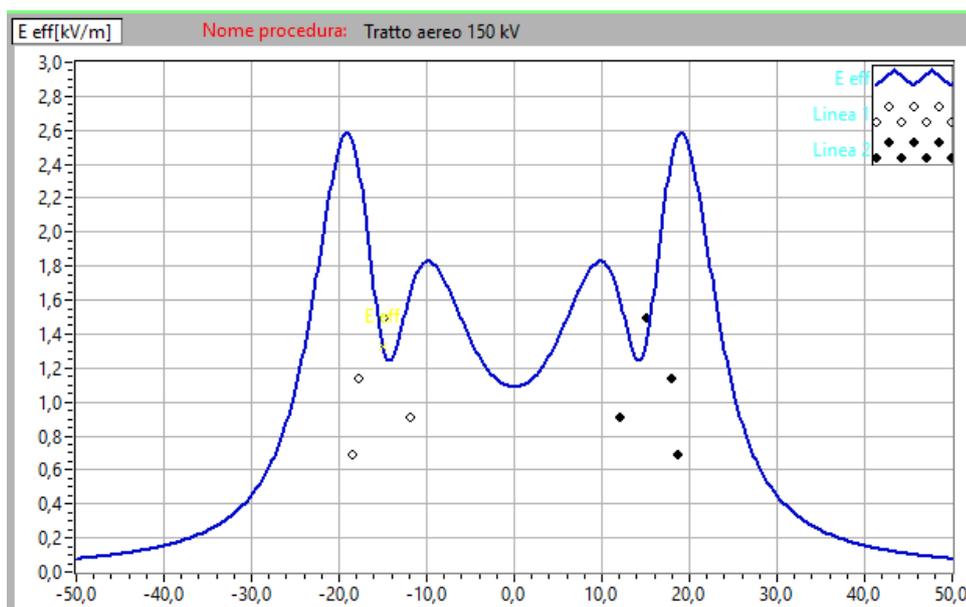


Figura 1. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotti ai parallelli – 2,6 kV/m;

Nella figura seguente è riportato il calcolo del campo elettrico, generato nei tratti delle linee aeree “Pellicciari-Gravina” e “Altamura-Matera Nord” sono singole ad una tensione di 150 kV in semplice terna. I valori esposti si intendono calcolati ad 1,00m da terra rispetto ad un'altezza minima di 6,40 m dei conduttori dal suolo.

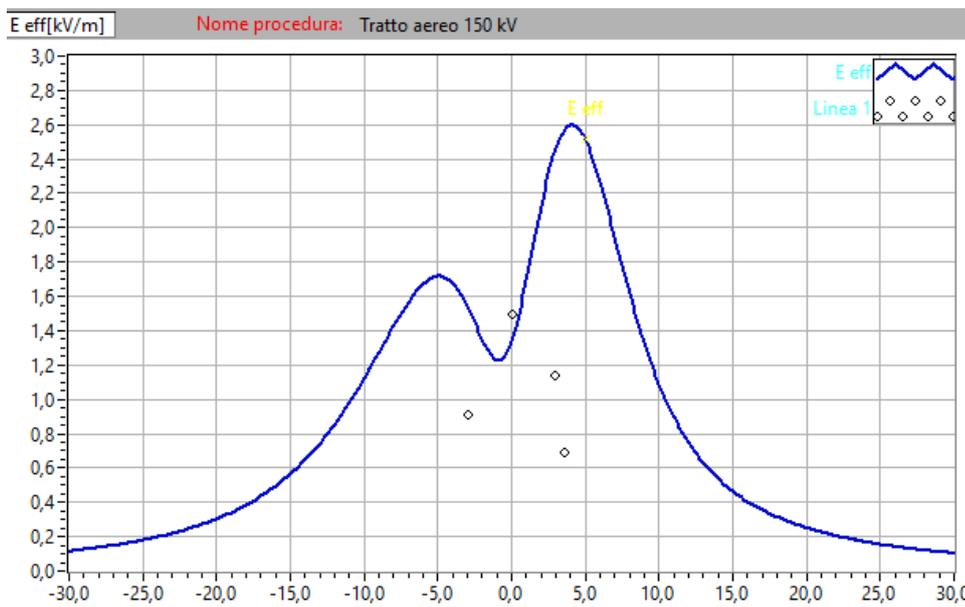


Figura 2. Profilo laterale del campo elettrico ad 1 m da terra generato dal singolo elettrodotto pari a 2,6 kV/m; Come si vede, in entrambe le situazioni, il valore del campo elettrico è minore del limite di 5 kV/m imposto da normativa.

2.1.2 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DpA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto”.

Tale decreto prevede per il calcolo della DpA l’utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo.

2.1.3 CORRENTI DI CALCOLO

Nel calcolo si è considerata la corrente corrispondente alla portata in servizio normale della linea pari a 870A come definito dalla norma CEI 11-60 e conformemente al disposto del D.P.C.M. 08/07/2003.

TENSIONE NOMINALE	PORTATA IN CORRENTE (A) DEL CONDUTTORE SECONDO CEI 11-60			
	ZONA A		ZONA B	
	PERIODO C	PERIODO F	PERIODO C	PERIODO F
150 kV	620	870	575	675

Gli elettrodotti interessati dalle varianti sono ubicati geograficamente in **zona A**.

2.1.4 VALUTAZIONE DpA DELL'ELETTRODOTTO AEREO

Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione relativa alla tratta aerea in variante degli elettrodotti **"Altamura-Matera Nord"** e **"Pellicciari-Gravina"**, in condizione "imperturbata".

La configurazione di calcolo, nel tratto di parallelismo tra i sostegni P.70/A1 e P.70/B1 fino ai sostegni P70/A5 e P70/B5 della linea "Pellicciari-Gravina", situate a 30 m di distanza, è indicate nel paragrafo 2.1.1

Di seguito il grafico del profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra:

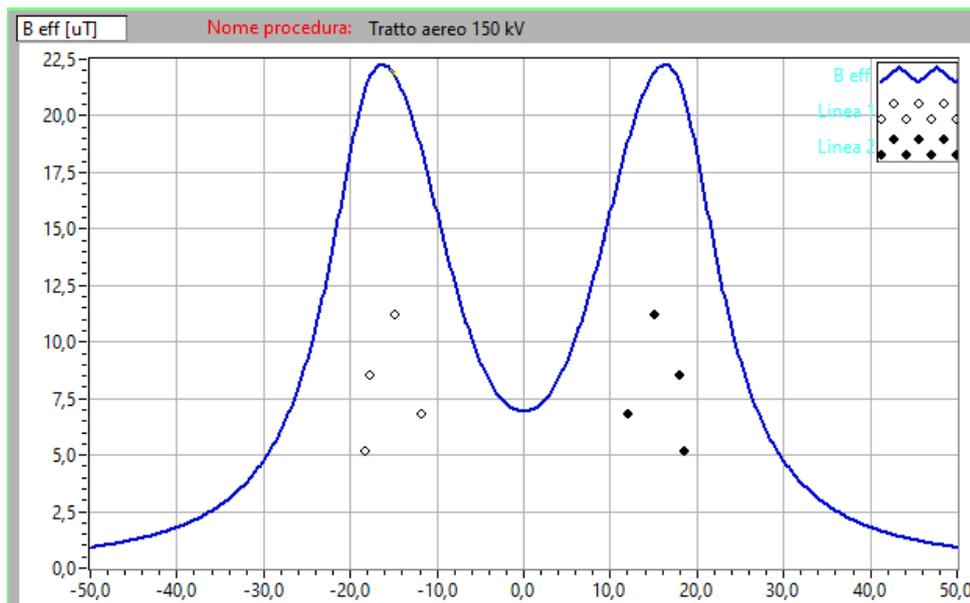


Figure 3. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m dal suolo generato dai 2 elettrodotti ai parallelli – 22,4 μ T
E della DpA imperturbata generata dai due elettrodotti paralleli:

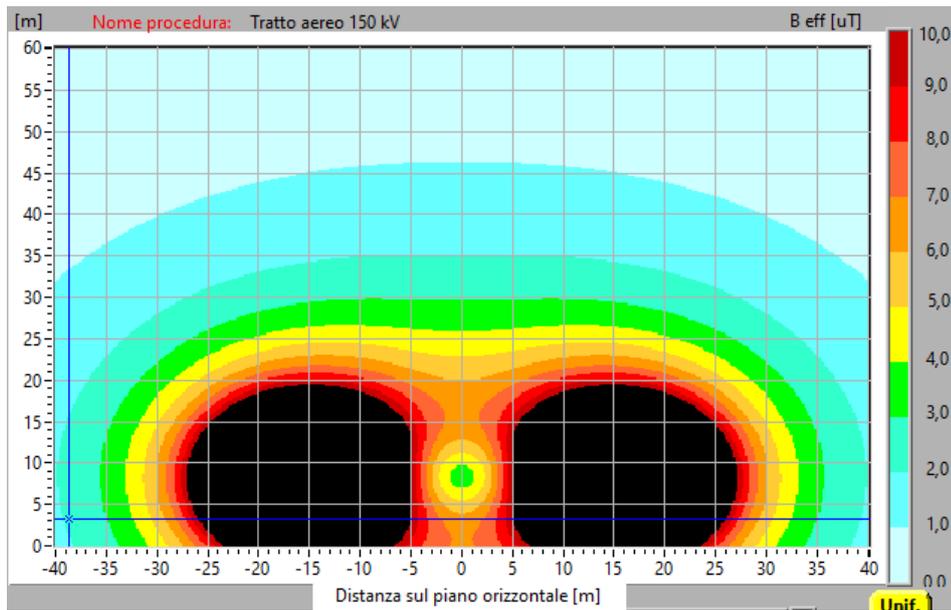


Figure 4. Max DpA= +/- 35 m dall'interasse delle due linee parallele calcolata a quota conduttori

Nei tratti delle linee "Altamura-Matera Nord" e "Pellicciari-Gravina" dove non vi sono parallelismi vengono riportati i grafici del profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra e della DpA:

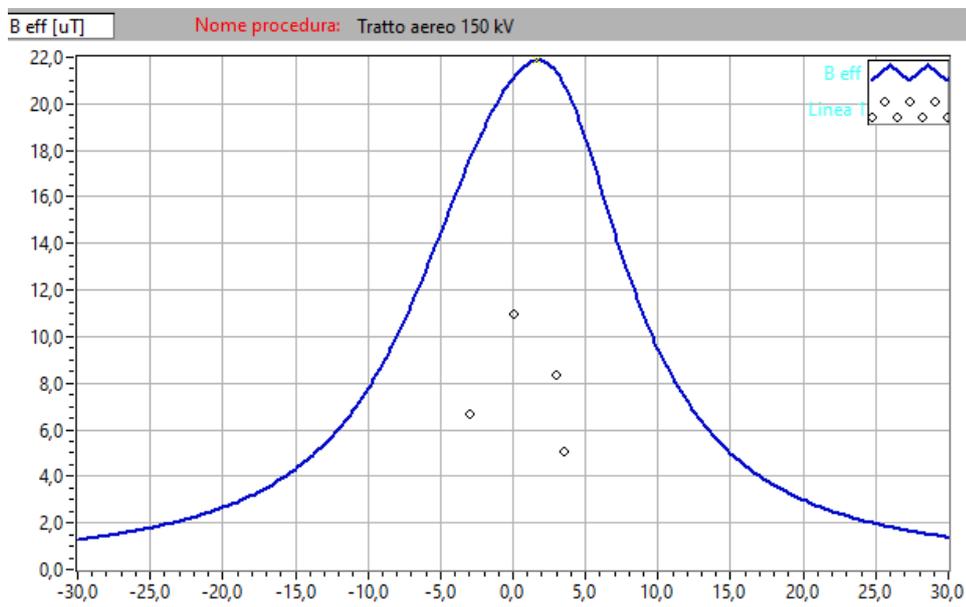


Figure 5. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra generato dal singolo elettrodotto -22 μT

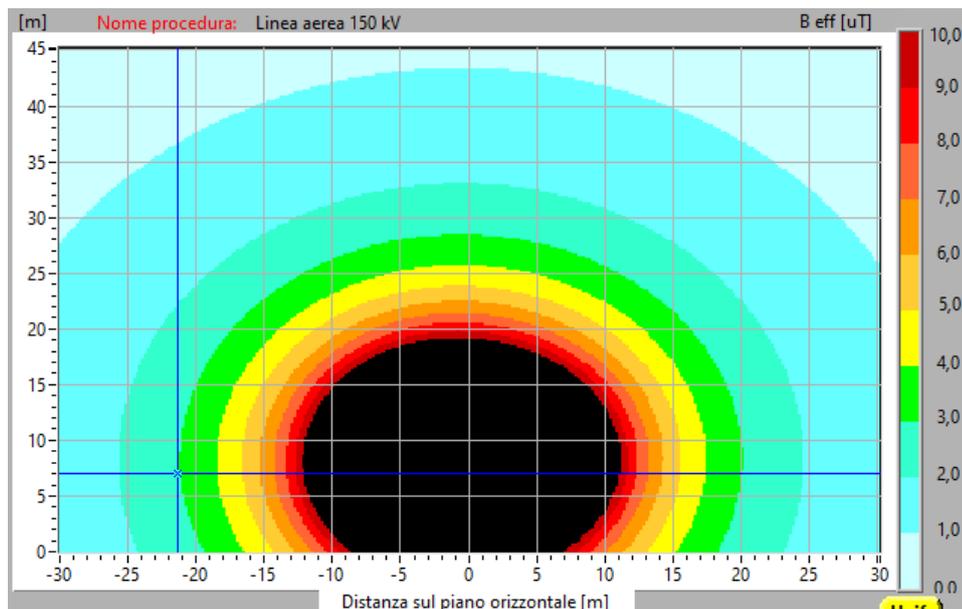


Figure 6. Max DpA= \pm 22 dall'asse del singolo elettrodotto calcolata a quota conduttori

I due valori considerano l'asimmetria della posizione nello spazio dei conduttori (2 mensole su un lato, 1 mensola sull'altro). Il valore maggiore è pari a \pm 35 m dall'intersasse delle linee parallele, mentre è pari a \pm 22 m dall'asse della linea singola.

Per il calcolo delle isocampo sopra riportate, è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.03" sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4 ed in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni sono state riportate le aree di prima approssimazione calcolate applicando i procedimenti semplificati riportati nella metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008; in particolare:

- nei tratti dei parallelismi delle linee:
sono stati calcolati gli incrementi ai valori delle semifasce calcolate come imperturbate secondo quanto previsto dal par. 5.1.4.1 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.
- nei cambi di direzione si sono applicate le estensioni della fascia di rispetto lungo la bisettrice all'interno ed all'esterno dell'angolo tra due campate (si veda par. 5.1.4.2 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008);
- negli incroci con altre linee con tensione superiore a 132 kV si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008, valido per incroci tra linee ad alta tensione.

2.2 VALUTAZIONE CEM ELETTRODOTTO IN CAVO 150 kV

2.2.1 Analisi del campo elettrico tratte in cavo interrato

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche, rende di fatto il **campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili **è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto**. Non si riporta rappresentazione del calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché come detto **il campo elettrico esterno al cavo è nullo**.

2.2.2 Distanza di Prima Approssimazione

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di D_{pa} si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”.

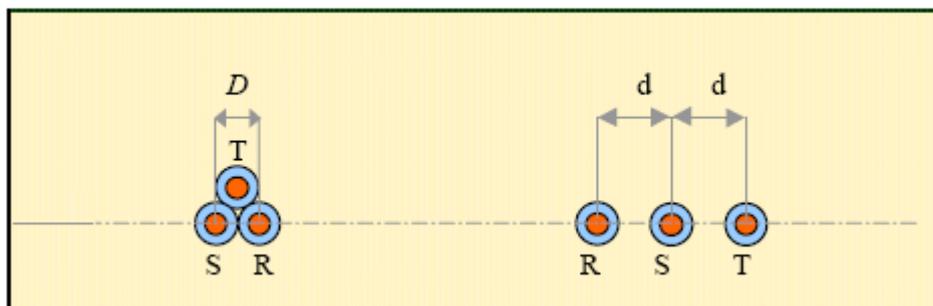
Tale decreto prevede per il calcolo della D_{pa} l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo. A tal proposito si riporta di seguito il calcolo della Distanza di prima approssimazione degli elettrodotti in cavo in oggetto dello studio.

2.2.3 Correnti di calcolo

La corrente utilizzata per la determinazione delle fasce di rispetto, e quindi delle D_{pa} , è pari alla corrente nominale del cavo da 1600 mm² e cioè 1045 A.

2.2.4 Schemi di posa cavi utilizzati per il calcolo della D_{pa}

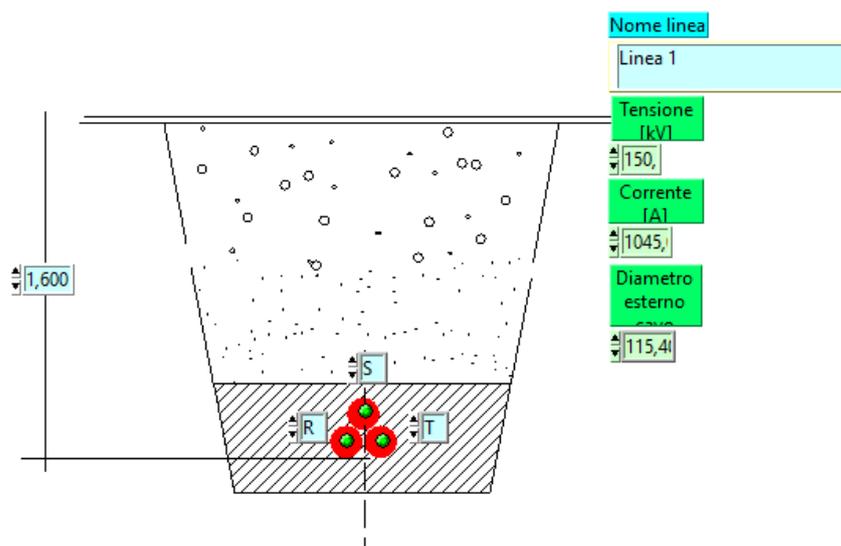
Gli schemi tipici di posa di un elettrodotto a 150 kV sono tipicamente a trifoglio o in piano, come rappresentato nella figura seguente:



La posa a trifoglio riduce la portata di corrente ammissibile del cavo dovuta al regime termico che si instaura a causa della vicinanza dei cavi. Al contrario la posa in piano presenta livelli di portata in corrente proporzionali alla distanza di interasse dei cavi.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m.

La disposizione delle fasi sarà “a trifoglio”:



2.2.5 Valutazione della DpA dell'elettrodotto interrato

La linea aerea “Pellicciari-Gravina”, dai sostegni P70/A5 e P70/B5, proseguirà il suo tragitto verso la SE 150/36 kV mediante 2 cavidotti interrati paralleli. Si definisce di seguito il profilo laterale dell'induzione magnetica:

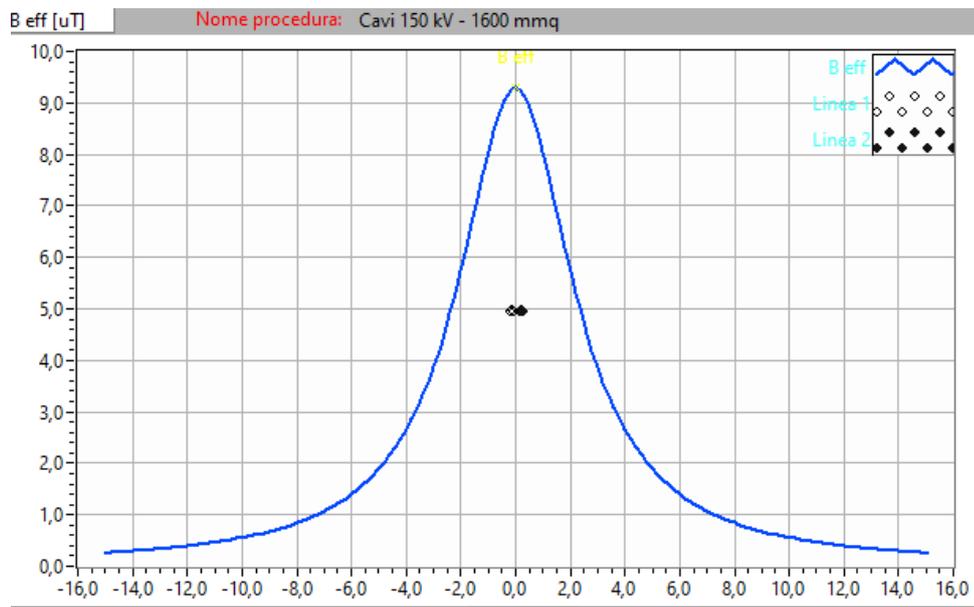


Figure 7. Profilo laterale dell'induzione magnetica ad 1 m da terra generato dai 2 cavidotti paralleli 9,4 μ T.

E della DpA:

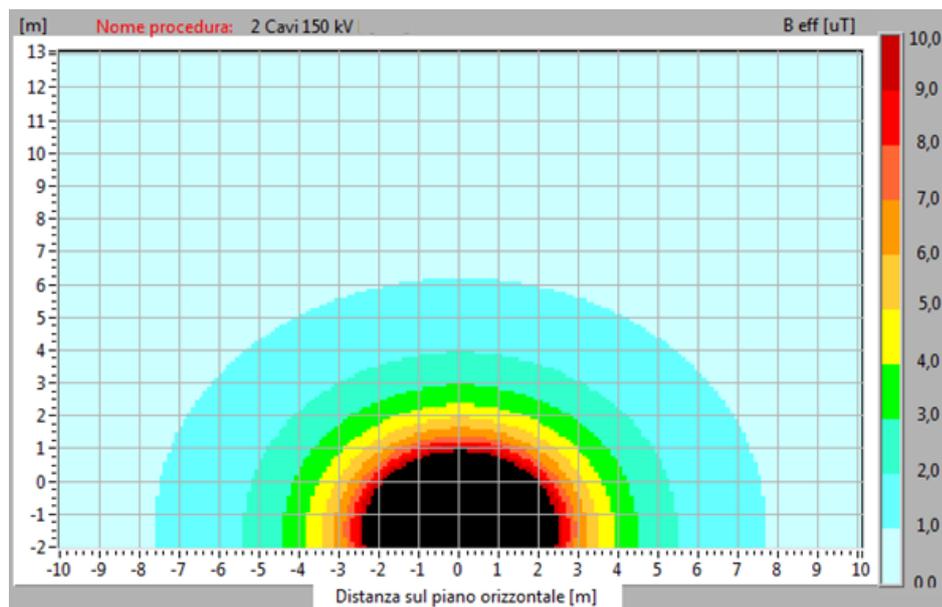


Figure 8. Max DpA= +/- 5 m dall'interasse dei cavidotti calcolata a quota conduttori.

Si osserva inoltre che la DpA è di 4,40 m a sinistra e a destra dall'asse e pertanto la fascia di rispetto per tutto questo tratto vale circa 8,8 m quindi +/-5 m centrata in asse linea (arrotondata per eccesso).

3 SE 150/36 KV

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella

stazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Negli impianti unificati Terna, con isolamento in aria, sono stati eseguiti rilievi sperimentali per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni d'esercizio, con particolare riguardo ai punti dove è possibile il transito del personale (viabilità interna).

I valori massimi di campo magnetico si presentano in corrispondenza degli ingressi linea a 380 kV.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, i rilievi sperimentali eseguiti nelle stazioni della RTN per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio si possono estendere alla nuova stazione elettrica in progetto 150/36 kV, nonostante le considerazioni fatte a seguire sono state eseguite sulla base di una stazione 380/150 kV e sono descritti nel seguito.

La seguente fig.9 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132-150 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. 9 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. 9 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 che segue 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. 10 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. 11 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 2, 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 documento 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.

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

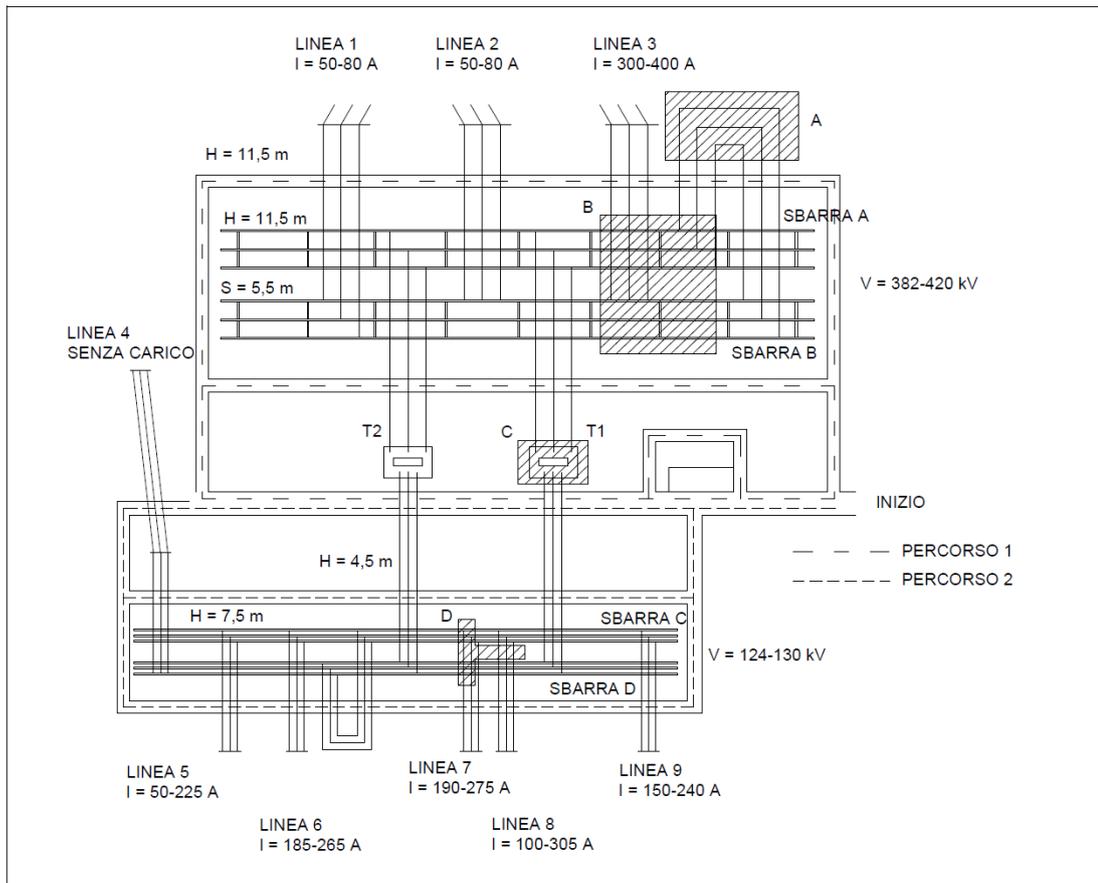


Figura 9 Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

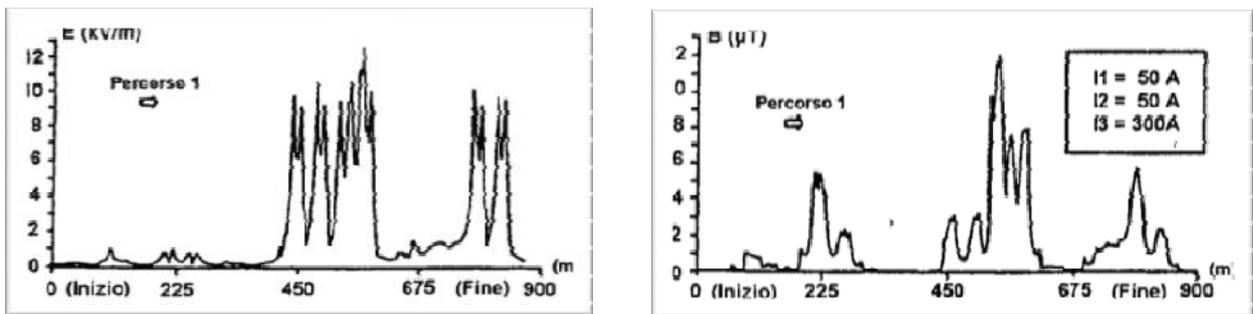


Figura 10 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig.9

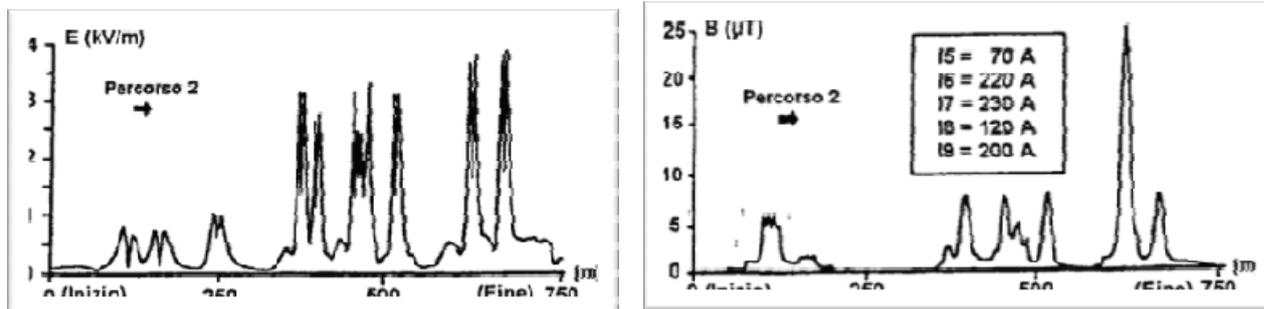


Figura 11 Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 132 kV della stazione riportata in fig. 10

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 Riepilogo risultati delle misure dei campi elettrici e magnetici effettuate nelle aree A, B, C e D

Si può notare come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti.

Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente come riportato nella documentazione progettuale dell'elettrodotto alla quale si rimanda per approfondimenti.

In sintesi, i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

4 VERIFICA DELLA PRESENZA DI RICETTORI INTERNI ALLA DPA

E' stata condotta l'analisi di tutti i possibili recettori ricadenti all'interno della DPA con riferimento alle opere di progetto da realizzare per le linee "Altamura-Matera Nord" e "Pellicciari-Gravina".

Risulta, sulla base delle indagini svolte, che nessun recettore ricade nella fascia DPA così calcolata e riportato nelle planimetrie doc. "S242-CE02-D_PLANIMETRIA CATASTALE CON DPA - STAZIONE 150-36 kV

ALTAMURA E RACCORDI” e “S242-CE03-D_PLANIMETRIA CATASTALE CON DPA - RACCORDI 150 kV AEREO-CAVO GRAVINA PELLICCIARI ALLA STAZIONE GRAVINA 380-150 kV”.

5 CONCLUSIONI

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati per la determinazione delle fasce di rispetto ai sensi della normativa vigente calcolate in funzione del valore di corrente permanente nominale del cavo prescelto come prescritto dal DM MATT del 29.05.2008 e s.m.i.

Riepilogo Dpa e fasce di rispetto per tratte di impianto:

	DPA (m)	Fascia di rispetto (m)
RACCORDO AEREO 150 kV	+/- 22	44
RACCORDI AEREI 150 kV PARALLELI	+/- 35	70
CAVO 150 kV	+/- 5	10
SE 150/ 36 kV	PARI ALLA DPA GENERATA DALLE LINEE ENTRANTI ALLA SE	

Inoltre, si afferma che:

- Il valore del campo elettrico è sempre inferiore al limite fissato di 5 kV/m;
- Il valore del campo di induzione magnetica è sempre inferiore al limite massimo di 100 μ T.