

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

ELABORATI A CARATTERE GENERALE

Linea primaria 150 kV - Relazione di Calcolo Campi magnetici

SCALA:

| |
|---|
| - |
|---|

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF0G 01 D 18 CL LP00000 001 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato | Data |
|------|---------------------|-----------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------------------|---------|--|------|
| A | EMISSIONE ESECUTIVA | G Trezza <i>G Trezza</i> | 07 2017 | N Carones <i>N Carones</i> | 07 2017 | D Aprea <i>D Aprea</i> | 07.2017 | Ing. Carlo Buffarini <i>Carlo Buffarini</i> | 07 |
| | | | | | | | | Ordine Ingegneri Preveder & Partners n° 17812 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

File: IF0G01D18CLLP0000001A.doc

n. Elab.: 713

INDICE

| | |
|--|----|
| 1.INTRODUZIONE..... | 3 |
| 1.1 SCOPO..... | 5 |
| 2.DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 6 |
| 2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI..... | 6 |
| 3.CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO | 7 |
| 3.1 IPOTESI DI CALCOLO | 7 |
| 3.1.1 Portate di corrente dei conduttori | 9 |
| 3.2 DETERMINAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO | 12 |
| 3.3 DETERMINAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO LINEA AT INTERRATA..... | 15 |

1.INTRODUZIONE

La seguente relazione di calcolo dei campi magnetici si riferisce alle opere relative agli impianti elettrici delle sottostazioni elettriche del I Lotto funzionale Apice – Orsara, nello specifico si tratta delle Linee Primarie che alimentano le sottostazioni di: Apice e Hirpinia.

La Linea Primaria di Hirpinia è a 150 kV in doppia terna e alimenta la nuova Stazione Elettrica di Irpinia dalla Stazione Elettrica di ENEL di Flumeri (vedi elaborato **IFOGO1D18F6LP0200001A**).

Tale linea è lunga km 4,5, e verrà realizzata con sostegni di tipo poligonale a basso impatto ambientale.



Figura 1 – SSE di HIRPINIA e LP

RELAZIONE DI CALCOLO CAMPI MAGNETICI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|---------|
| IF0G | 01 D 18 | CL | LP0000001 | A | 4 di 16 |

L'elettrodotto attraversa un territorio prevalentemente agricolo, densamente abitato e con ampie zone protette dal punto di vista archeologico. Pertanto si è studiato un percorso della linea che tenga conto dei vincoli esistenti.

Partendo dalla SSE Enel, detto tracciato costeggia la zona industriale ASI, poi attraversa il fiume Ufita per posizionarsi in aree prive di nuclei abitativi. Si dirige verso la SSE F.S. di Irpinia (vedi fig. 1).

In tal modo i recettori più vicini alla linea primaria si vengono a trovare a una distanza maggiore di 50 m da essa.

Per quanto riguarda la SSE di Apice invece, l'alimentazione AT 150kV è ricavata a partire dalla SSE esistente ubicata nelle vicinanze dell'area della nuova SSE.

L'alimentazione avverrà utilizzando una terna di cavi interrati disposti a trifoglio (serie 132/150kV) in accordo con la **"Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08"** dal titolo "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche (Scheda A15).

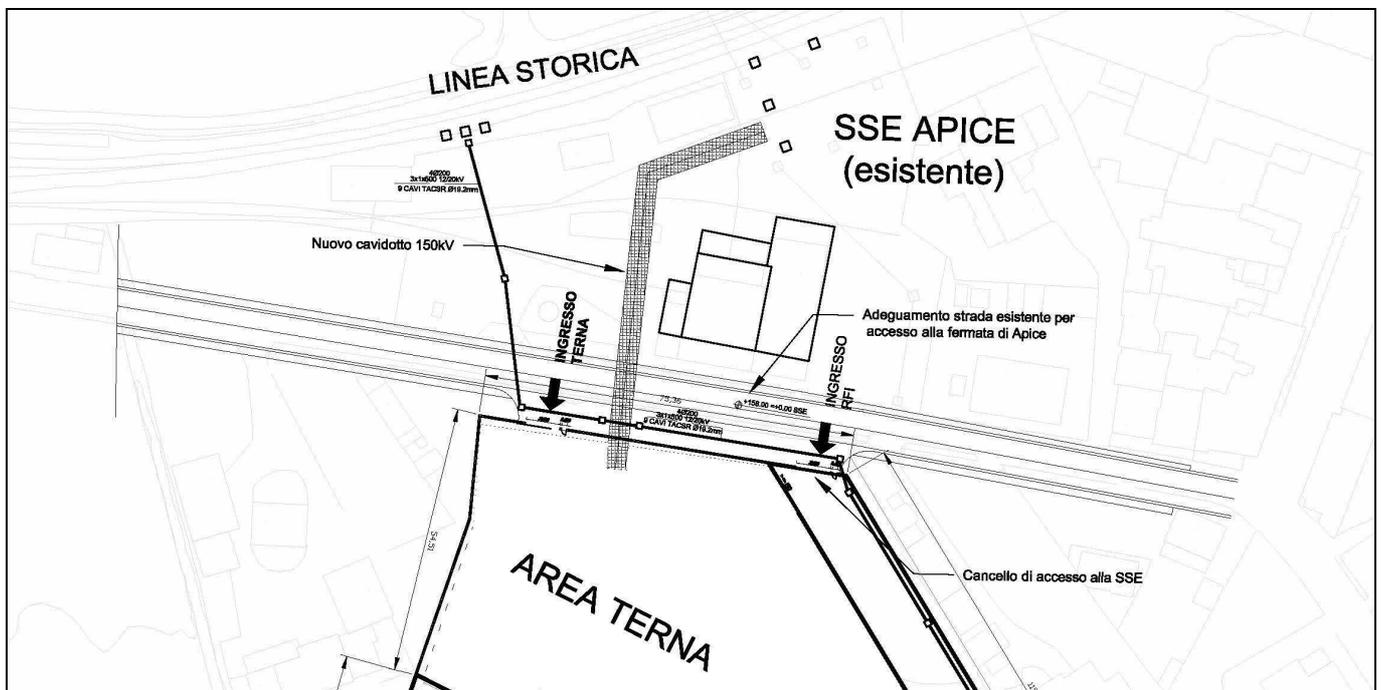


Figura 2 – SSE di APICE e LP

1.1 Scopo

Lo scopo della presente relazione è quello di fornire uno studio delle emissioni di campi elettromagnetici generati dai nuovi elettrodotti di cui al punto 1 precedente. Tale studio è stato effettuato nel rispetto della nuova normativa in ambito di esposizione ai campi elettromagnetici (legge quadro 22 febbraio 2001¹ e successivo DPCM 8 luglio 2003²) rispetto ad enti ricettori esposti per più di quattro ore giornaliere.

¹ Legge quadro sulla protezione delle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

² “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”.

2.DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti Normativi

- D.M. n°449 del 21.03.1988 “Approvazione delle Norme Tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”, e successive integrazioni e modifiche.
- Norma CEI 11.4 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne" Ed. 5/1989 e successive Varianti v1, v2, v3 e v4.
- Norma CEI 11-4 del 2011
- Norma CEI 11.60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- Raccomandazione tecnica DI / TC.TE / DMA.IM / MO LP / ETE 012 – Ed. 03/2001 "Linee guida per il piano regolatore del sistema A.T. FS e delle alimentazioni di SSE".
- Guida CEI 211.4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" Ed.07/1996.
- Legge 22 febbraio 2001, n°36; “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- 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";
- DM 29 maggio 2008 Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.
- Direttiva sulle “ Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)” 04/2004 - ICNIRP.

3.CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Dati i valori di tensione degli elettrodotti in questione cioè 150kV, i livelli di campo elettrico corrispondenti risulteranno sicuramente al di sotto dei limiti imposti dall'attuale normativa per cui risultano più vincolanti i campi di induzione magnetica. Pertanto lo studio delle emissioni delle linee elettriche considerate, sarà limitato al solo calcolo del campo di induzione magnetica da esse generato.

3.1 Ipotesi di Calcolo

Le SSE e le relative linee di alimentazione vengono a trovarsi in territori appartenenti alla zona A (CEI 11 - 4).

Per la determinazione delle fasce di rispetto, ai fini dell'esposizione degli enti recettori ai campi elettromagnetici, si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (3 μ T) del DPCM dell'8 luglio 2003 prendendo a riferimento la portata di corrente in servizio normale degli elettrodotti, come definita dalla norma CEI 11 – 60 del 2002.

Per quanto riguarda la posizione dei conduttori considerata per il campo magnetico, si è fatto riferimento alle limitazioni imposte dalla legge 449/88 secondo cui la distanza minima dal terreno di una linea a 150kV è di **7.40 m**.

Di seguito nella **Tabella 1** è riportato il calcolo dell'altezza minima dei conduttori per campate di 300 e 250m.

In essa si nota come l'altezza minima del conduttore più basso, nelle ipotesi più cautelative, da considerare sia di **7.4m in corrispondenza del vertice della catenaria**.

Nella stessa **Tabella 1** sono riportati le coordinate dei conduttori considerate nel calcolo del campo magnetico.

TABELLA 1

Tensione 150kV
Campata **250 m**
palo H =15m
f = 5,6 m a 55°C
Lunghezza isolatori 2m
Altezza conduttori da terra hc =7,4m

Tensione 150kV
Campata 300 m
palo H =18m
f = 7,6 m a 55°C
Lunghezza isolatori 2m
Altezza conduttori da terra hc =8,4m

COORDINATE CONDUTTORI

Sostegno a D.T.

| Cond. | x (m) | y (m) |
|-------|--------------|-------------|
| 1 | -2,66 | 15,4 |
| 2 | -2,72 | 11,4 |
| 3 | -2,79 | 7,4 |
| 4 | 2,66 | 15,4 |
| 5 | 2,72 | 11,4 |
| 6 | 2,79 | 7,4 |

3.1.1 Portate di corrente dei conduttori

Nella norma CEI 11-60 è indicata la portata in corrente, in servizio normale del conduttore di riferimento, nelle due zone climatiche (A e B), nei rispettivi periodi stagionali, per i diversi livelli di tensione. In **tabella 2** viene riportato il procedimento di calcolo eseguito per la determinazione della portata degli elettrodotti in questione.

TABELLA 2

| NORMA 11-60 -PORTATA DI CORRENTE | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------|--------------|---------------|------------------------------|
| Tensione | 150 | kV | $\Phi_0 =$ | 31,5 | mm |
| Zona | A | | $a_0 =$ | 1750 | m |
| Periodo | F | | $\alpha_0 =$ | 1,94E-05 | °C-1 |
| Io | 870 | A | A = | 961,0152 | mmq |
| | | | $m_0 =$ | 8 | |
| Φ conduttore | 22,8 | mm | $\rho_0 =$ | 0,02826 | $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ |
| A | 307 | mm ² | | | |
| Rapp. Al-Ac : m | 6,14 | | | | |
| ρ | 0,02826 | $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ | | | |
| α | 1,94E-05 | °C-1 | | | |
| massa lineare | 1.08 | kg/m | | | |
| parametro di posa | 1851 | daN/kg | | | |
| Ir | 578,57 | A | | | |
| ϵ | 0,34 | | | | |
| k1 | 0,98358 | | Ir k1 | 569,07 | |
| k2 | 0,98358 | | | | |
| k3 | 1,06066 | | 1,06066 | | |
| ka | 0,98095 | | | | |
| Ir k1 ka | 558,227 | | | | |
| PORTATA DI CALCOLO : 558 A | | | | | |

Essi saranno tutti equipaggiati con conduttori da 22.8 mm di caratteristiche riportate nella **tabella 3**.

Tabella 3 : Caratteristiche dei conduttori di fase del nuovo elettrodotto

| | |
|--|---------------------|
| Diametro: d (mm) | 22,8 |
| Formazione: n x mm | 26x3,6+7x2,8 |
| Peso proprio: p (daN/m) | 1,08 |
| Sezione totale: S_t (mm ²) | 307,7 |
| Sezione alluminio: S_{al} (mm ²) | 264,6 |
| Sezione acciaio: S_{ac} (mm ²) | 43,1 |
| Modulo elasticità: E (daN/mm ²) | 7848 |
| Carico di rottura: R (daN) | 9157 |
| Coeff. di dilatazione termica: 1/°C | 19×10^{-6} |

Nella fig. 2 è rappresentata la sagoma del sostegno utilizzato nella realizzazione delle linee elettriche. Come si nota la portata di corrente di limite termico che verrà considerato nel calcolo sarà di **558A**.

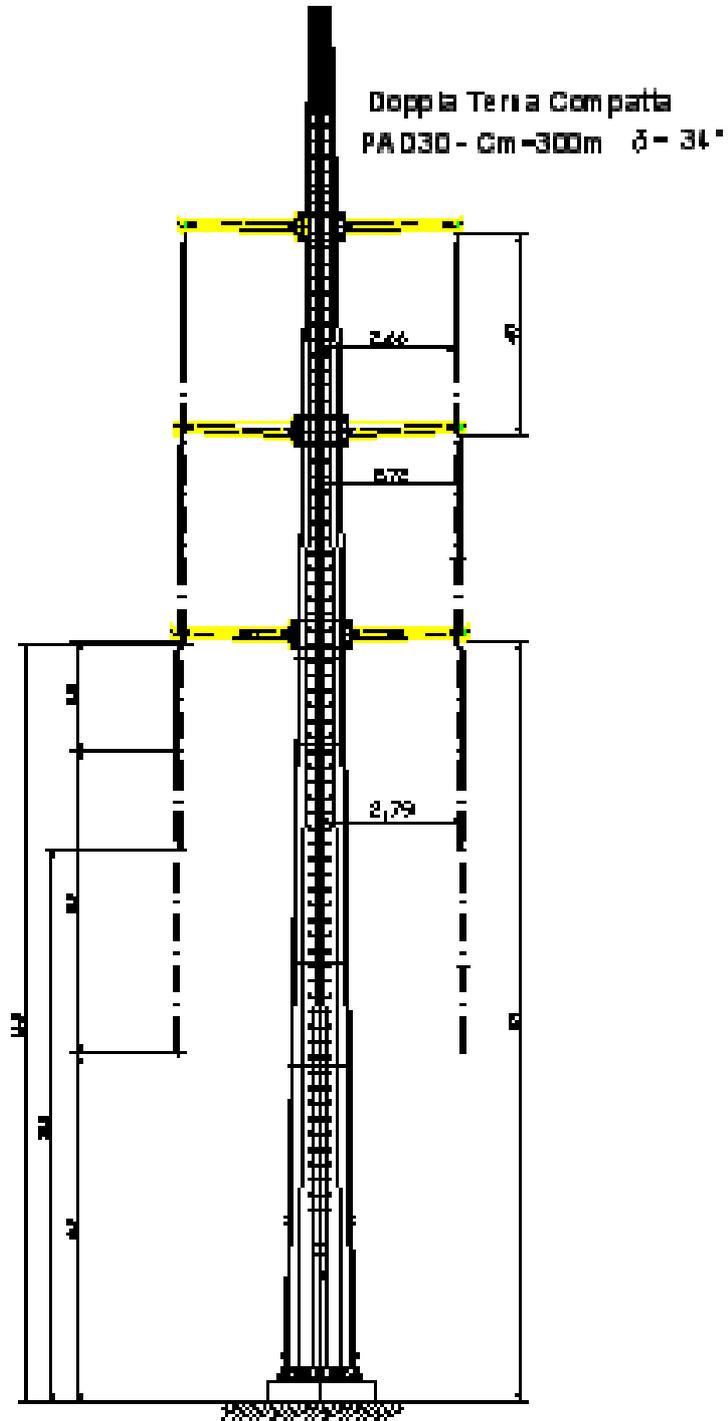


Fig.2 – Standard Utilizzato

3.2 Determinazione delle fasce di rispetto

Le ipotesi con cui sono state calcolate le fasce di rispetto risultano ampiamente cautelative, anche se non ottimizzate, nei riguardi degli effettivi livelli di campo magnetico riscontrabili in esercizio. Infatti esse sono calcolate per un carico 558A che è di gran lunga maggiore rispetto ai valori effettivamente presenti sia in normali condizioni di traffico che in condizione di sovraccarico per avaria di SSE contigue.

Di seguito si riportano i grafici dei risultati delle simulazioni nelle ipotesi riportate nel paragrafo 3.1. e da cui si ricava l'estensione delle fasce di rispetto al fine della tutela della popolazione dall'esposizione ai campi magnetici (come prescritto dalla vigente normativa).

Linea su Sostegno a Doppia Terna

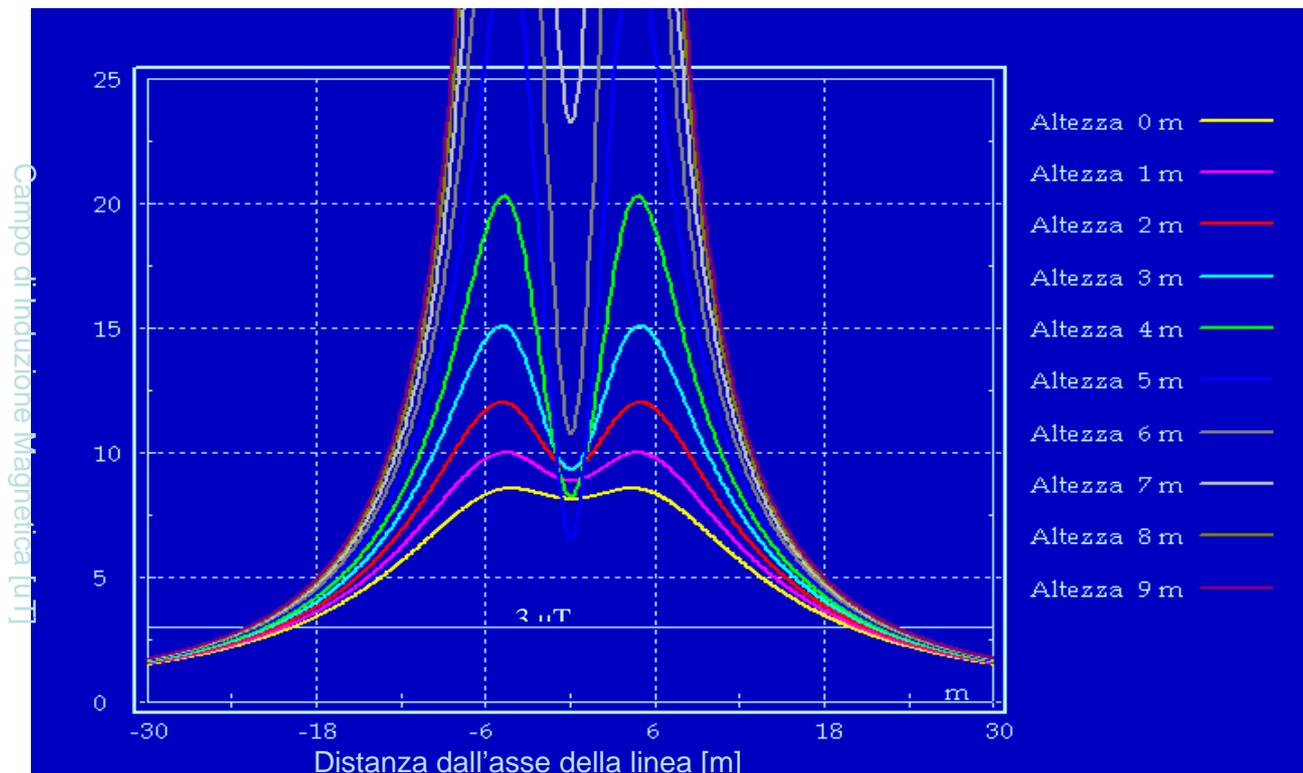


Fig.5 – Andamento dell'induzione magnetica B a diverse altezze dal suolo

Corrente : $I = 558\text{A}$ - Terna a 150kV su **sostegno a doppia terna**

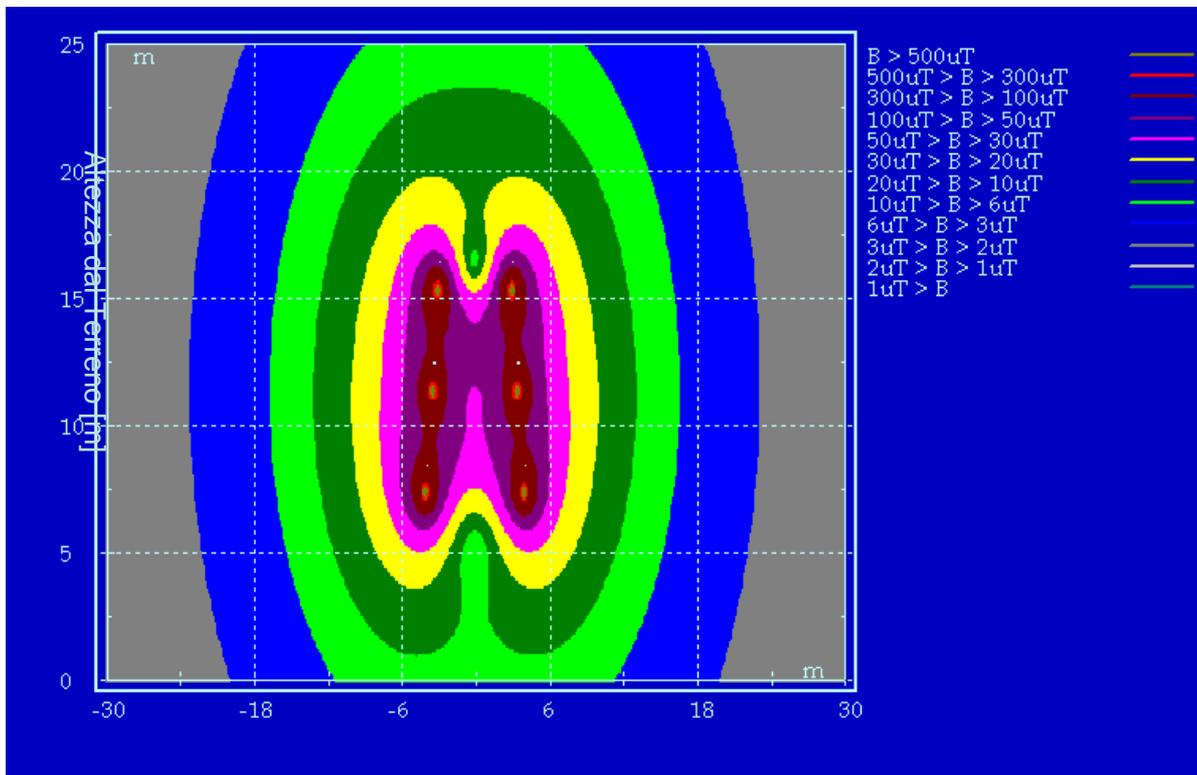
Dai grafici di fig 5 e 6 si evince che la fascia di rispetto della linea con sostegni a doppia terna risulta essere pari a circa 2×23 m. Essa è determinata in corrispondenza della fascia di estremità a $3\mu\text{T}$ che è l'obiettivo di qualità richiesto dalla normativa.

A tali risultati si è giunti considerando una disposizione delle correnti di fase che producono la distribuzione del campo magnetico nelle condizioni peggiori al fine della sicurezza.

RELAZIONE DI CALCOLO CAMPI MAGNETICI

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| IF0G | 01 D 18 | CL | LP0000001 | A | 14 di 16 |

Tale valore (2x23m.) è in linea a quanto indicato da RFI con lettera RFI-DTC/DNS/EE/009/0269 del 13/12/2006 che per diametro del conduttore in ACSR (all.acc.) pari a 22.8mm, zona A/F, corrente di 569.06 A, indica pari a 2x22.9 m. l'ampiezza della fascia di rispetto per linea A.T. doppia terna verticale non ottimizzata su palificazione unica.



Distanza dall'asse della linea [m]

Fig. 6 – Andamento dell'induzione magnetica B calcolata in corrispondenza del vertice della catenaria.

Corrente di Linea : I = 558A - Terna a 150kV su **sostegno a doppia terna**

A tali risultati si è giunti considerando una disposizione delle correnti di fase che producono la distribuzione del campo magnetico nelle condizioni peggiori al fine della sicurezza.

3.3 Determinazione delle fasce di rispetto linea AT interrata

Per determinare la fascia di rispetto della linea AT che alimenta la nuova SSE di Apice è stata utilizzata come riferimento la “**Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08**” (scheda A15) per poter determinare le dimensioni dello scavo contenente la terna di cavi di nuova posa disposti a trifoglio.

La linea guida indica una DPA per questo tipo di posa pari a 3,10m ampiamente rispettata perché nel progetto è stato considerato un cavidotto di larghezza pari a 4m come peraltro evidente nel documento:

- **IF0G01D18P9SE0100005** - SSE Apice - Piazzale di SSE/Disposizione apparecchiature (Layout)

| Tipologia sostegno | Formazione | Armamento | Corrente | DPA (m) | Rif. |
|---|-------------------------------------|---|----------|---------|------|
| Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A13 | 22.8 mm 307.75 mm ² |  | 576 | 22 | A13a |
| | | | 444 | 19 | A13b |
| | 31.5 mm 585.35 mm ² | | 870 | 27 | A13c |
| | | | 675 | 23 | A13d |
| CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) Scheda A14 | 108 mm 1600 mm ² |  | 1110 | 5.10 | A14 |
| CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) Scheda A15 | 108 mm 1600 mm ² |  | 1110 | 3.10 | A15 |
| CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16 | Distanza tra le fasi AT = 2.20 m |  | 870 | 14 | A16 |
| | Distanza tra le fasi MT = 0.37 m | | 2332 | 7 | |

Figura 3 - Disposizione cavi interrati AT SSE APICE

4 CONCLUSIONI

Lo studio effettuato ha messo in evidenza che non esiste presenza di ricettori nelle fasce di rispetto dell'elettrodotto di alimentazione delle SSE in questione che, comunque, sono state calcolate con ipotesi ampiamente cautelative rispetto alle reali condizioni di esercizio. Considerando l'elettrodotto a doppia terna non ottimizzato. Pertanto si può ritenere i tracciati proposti e la tipologia di equipaggiamento delle linee AT adottati siano idonee dal punto di vista dell'emissione dei campi magnetici.