

WEBNIR

Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti

Campo magnetico dei conduttori indefiniti, elettrodotti e fasce di rispetto.

N.Zoppetti, IFAC-CNR

n.zoppetti@ifac.cnr.it

WEBNIR
Strumenti **WEB** per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle **R**adiazioni **Non Ionizzanti**

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Ti trovi in: [Home](#) > [Sezione pubblica](#) > [CEM](#) > [Ricerca di strumenti Web per tipologia](#)

Sezione pubblica

- Campi Elettromagnetici >
- Dispositivi Medici Impiantabili >
- Radiazioni Ottiche Artificiali >

CAMPI ELETTROMAGNETICI
RICERCA DI STRUMENTI WEB PER TIPOLOGIA

Aspetti generali

- Consultazione dei limiti normativi
- Confronto di limiti normativi
- Caricamento e personalizzazione di un grafico generico
- Elenco strutturato di sorgenti

Calcolo della distanza di rispetto

- Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto
- Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto con determinazione dell'incertezza

Applicazioni per la caratterizzazione di sorgenti nell'ambiente esterno

- Calcolo dell'induzione magnetica generata da più sistemi di conduttori rettilinei indefiniti
- Calcolo dell'induzione magnetica generata da più sistemi di conduttori elicordati indefiniti

Applicazioni per l'elaborazione di file dati da misure di esposizione

Calcolo dell'induzione magnetica generata da più sistemi di conduttori rettilinei indefiniti

L'applicazione permette di determinare i livelli di campo magnetico dispersi da uno o più fasci (o sistemi) di conduttori rettilinei indefiniti, tutti paralleli tra di loro (rif. CEI 211-4).

Lo strumento è utile per valutare l'esposizione al campo magnetico di quanti, per lavoro o altro, devono permanere nei pressi di elettrodotti, nei casi in cui un modello bidimensionale consente di ottenere un risultato accurato.

Questo avviene, in particolare, in presenza di linee aeree e/o interrate, intorno alle quali i conduttori possano essere considerati paralleli tra di loro e rispetto alla superficie del terreno, perlomeno per un tratto sufficientemente lungo rispetto alle distanze tra i conduttori stessi.

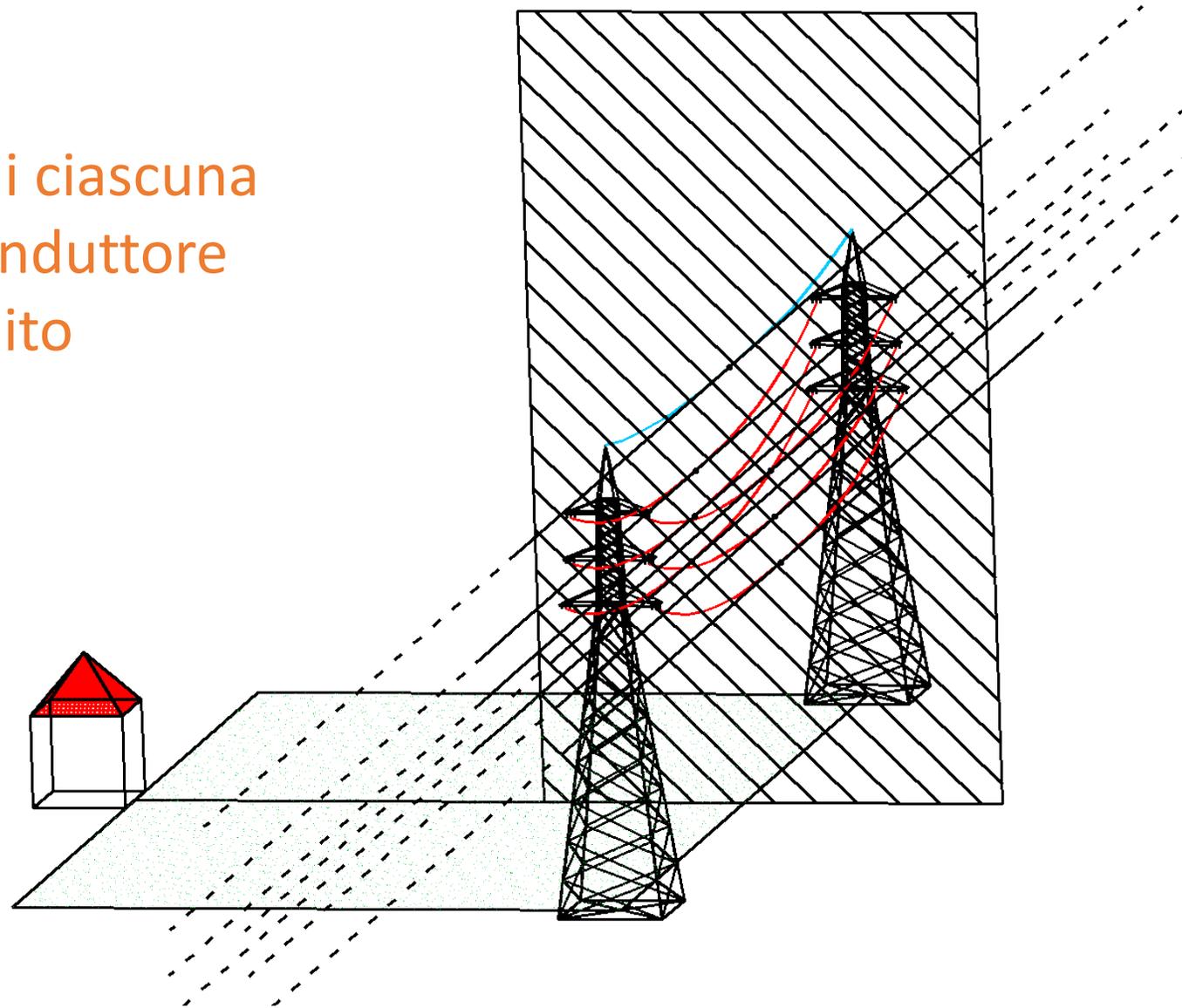
Limiti del modello con conduttori rettilinei ed indefiniti

1. Tutti i conduttori costituenti la linea sono considerati **rettilinei**, **orizzontali**, di **lunghezza infinita**, **paralleli tra di loro**.
2. Viene **trascurata** la presenza dei tralicci o piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di **qualunque** altro **oggetto** si trovi nell'area interessata.
3. I conduttori sono considerati di forma **cilindrica** con **diametro costante**.
4. Il diametro dei conduttori è piccolo rispetto alle mutue distanze.
5. Nel caso di *conduttori a fascio*, si suppone che la distanza tra i singoli sub-conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che tutti i sub-conduttori siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza.



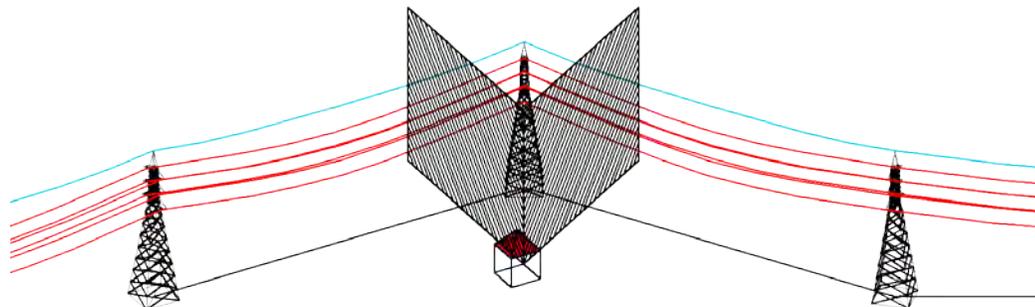
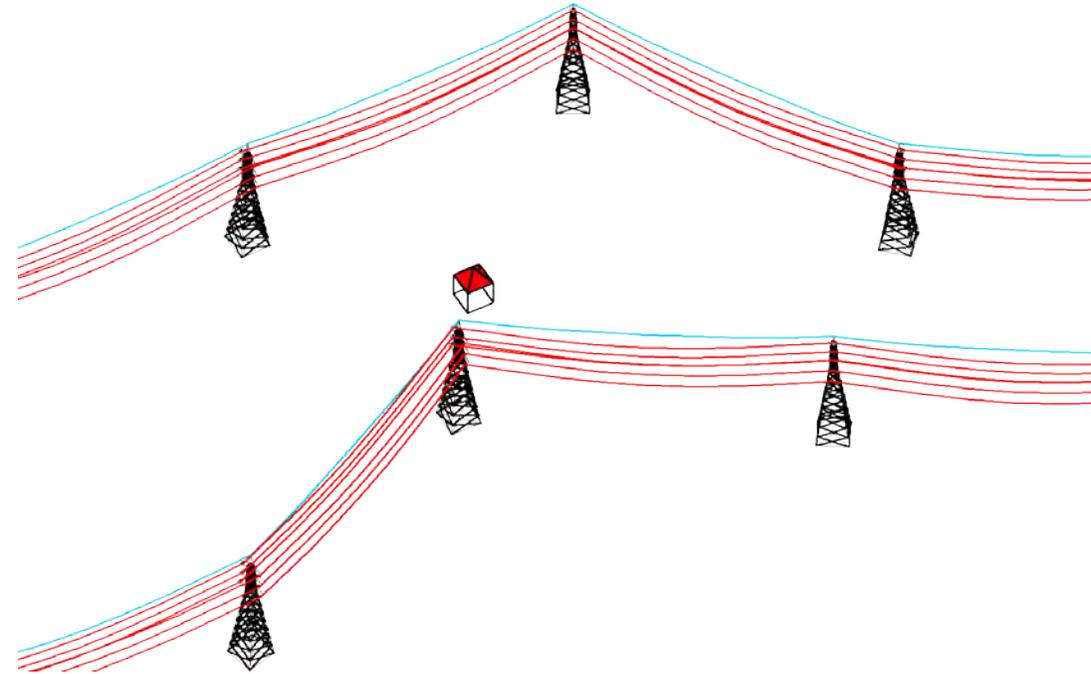
Approssimazione di conduttore rettilineo e indefinito

Rappresentazione di ciascuna catenaria con un conduttore rettilineo ed indefinito



Situazioni critiche per l'applicazione dell'approssimazione di conduttore rettilineo ed indefinito

1. Presenza di più linee non parallele



2. Cambi di direzione pronunciati della linea

Se il modello con conduttori rettilinei ed indefinite è applicabile i programmi consentono di:

1. Calcolare l'andamento dell'intensità dell'induzione magnetica lungo un segmento posizionato sul piano di calcolo e parallelo al suolo (supposto piano).
2. Determinare il luogo dei punti (giacenti sul piano di calcolo) dove l'induzione magnetica raggiunge un valore preimpostato dall'utente.

Con riferimento al contesto legislativo/normativo questi strumenti possono essere utili:

- In relazione al quadro definito dalla **Legge 36/2001 dai DPC 8/07/2003 e dal DMA 29/05/2008**
 - Verifica del rispetto del limite di esposizione (100 μ T), valore di attenzione* (10 μ T) obiettivo di qualità* (3 μ T)
 - Determinazione della DPA (Distanza di prima approssimazione) e della Fascia di rispetto
- In relazione al Quadro definito dal **DLGS 159/2016** e dalla direttiva **2013/35/CE**
 - Verifica del rispetto dei valori di azione in ambiente di lavoro definiti per le categorie di lavoratori assimilabili alla popolazione (100 μ T@50Hz) e per tutti gli altri (1, 6, 18 mT@50Hz)**

* In generale si tratta di una verifica possibile solo nel caso di singola linea e solo quando sia nota la (peggior) mediana giornaliera della corrente in normali condizioni di esercizio.

ESEMPI di APPLICAZIONE sul portale **WEBNIR**

Possibili esempi

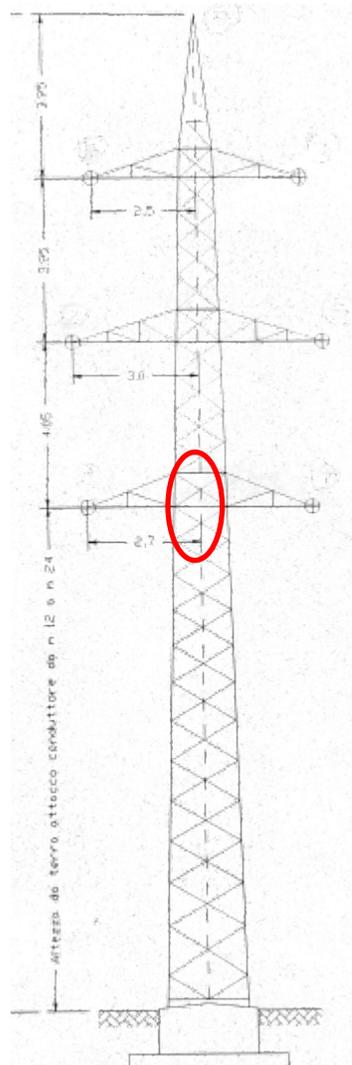
- 1 struttura semplice terna aerea
- 1 struttura doppia terna aerea
- 2 o più strutture aeree
- 1 struttura semplice terna interrata
- 2 o più strutture miste aeree e interrate

Procedura da seguire

1. Definire ciascuna struttura (mutue distanze tra i conduttori)
2. Definire la posizione di ciascuna struttura (altezza dal suolo e distanza)
3. Definire il luogo dei punti di calcolo ed in particolare:
 - ✓ definire l'inclinazione del terreno ed un segmento di calcolo parallelo ad esso
 - ✓ Definire un valore di campo da cercare sul piano di calcolo.

Materiale di supporto

Reperimento dei dati meccanici: la struttura e la altezza dei sostegni



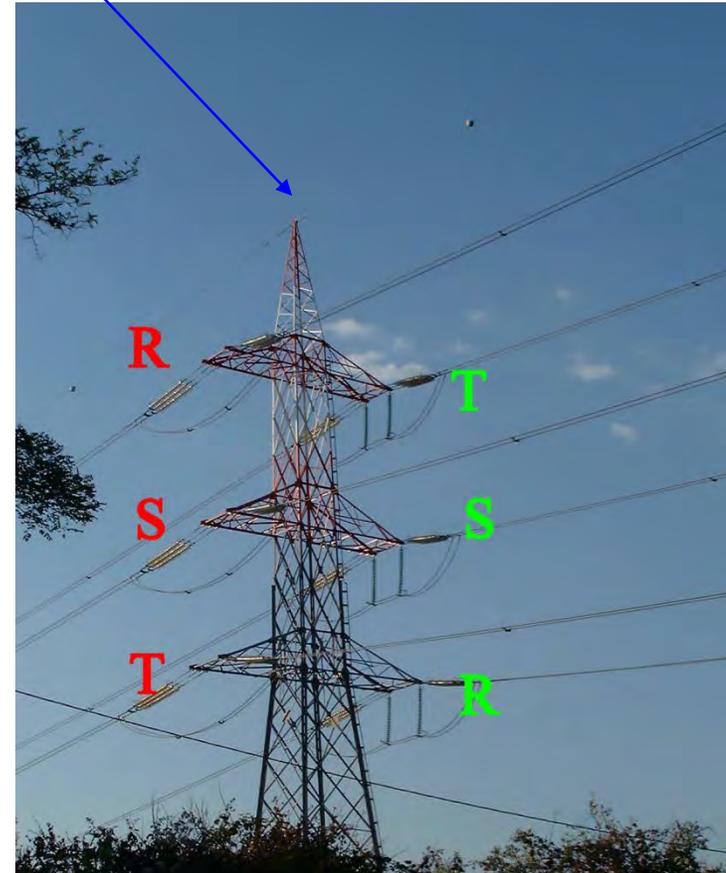
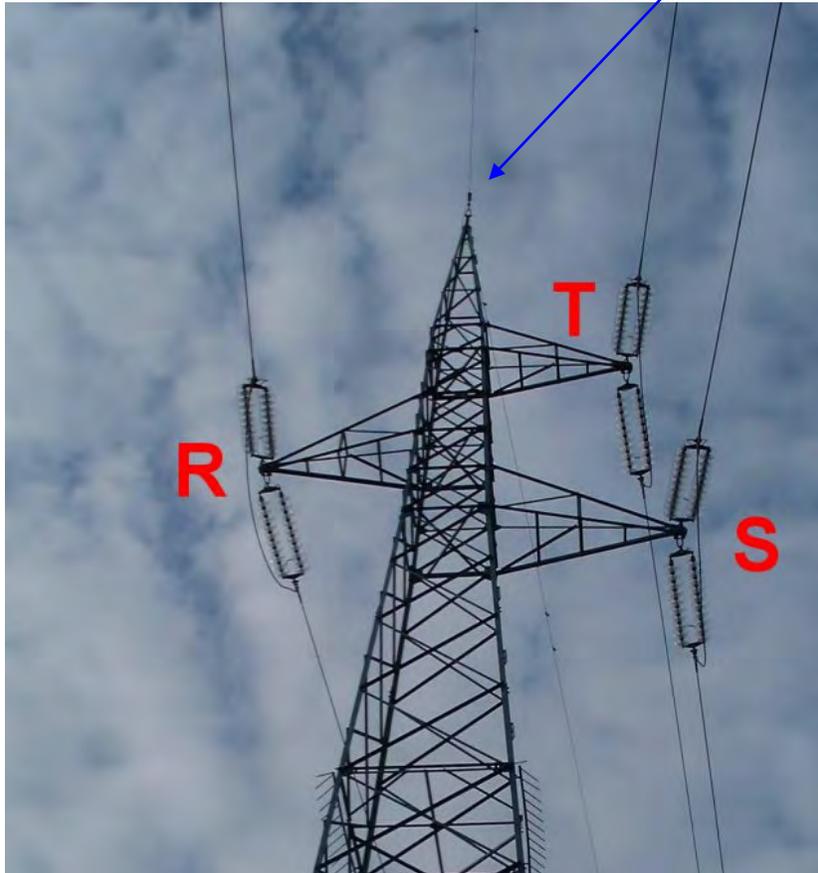
- La struttura del sostegno viene generalmente fornita sotto forma di schema su cui sono indicate le coordinate dei punti di sospensione sul piano di giacenza relativamente al “centro elettrico del sostegno”.
- L’altezza da terra h del conduttore più basso permette di ricavare la posizione dei punti di sospensione nel sistema di riferimento piano con origine nella base del sostegno, asse y verticale e coincidente con l’asse del sostegno, asse x orizzontale.

In mancanza di informazioni passate dal gestore della linea, l’alternativa è un buon telemetro laser

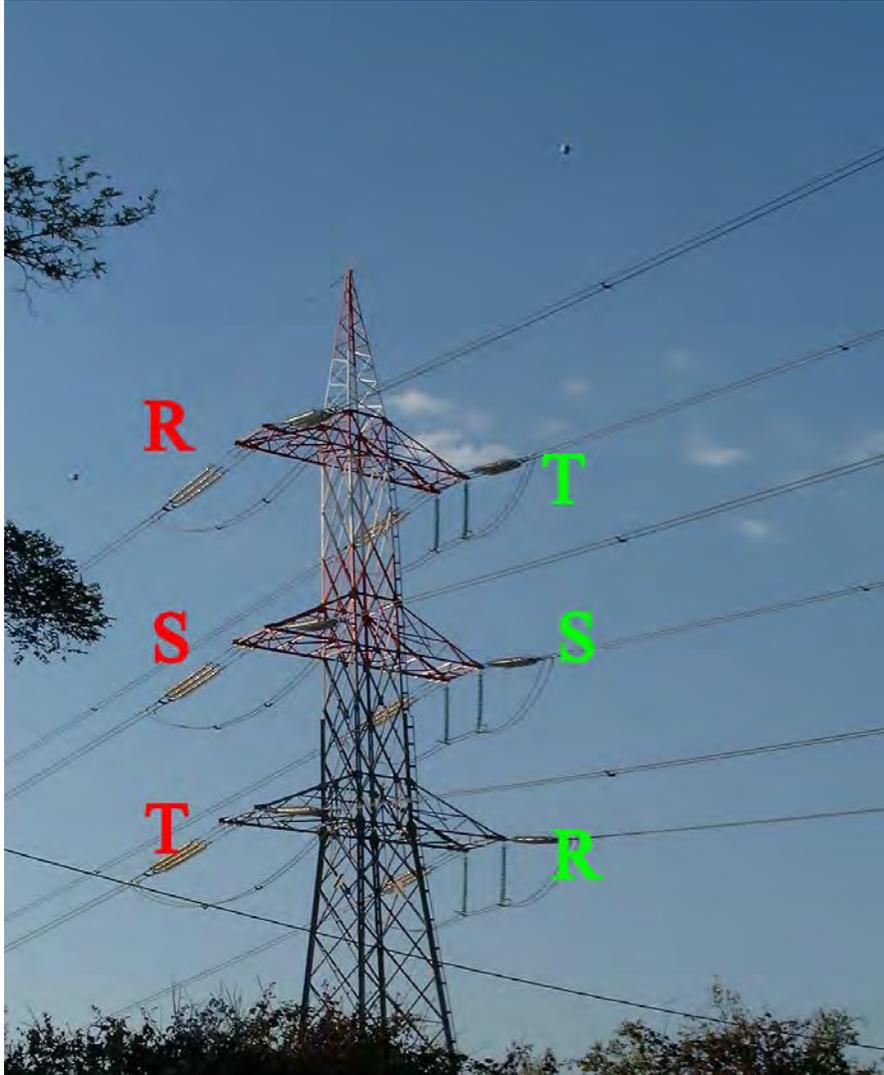


Reperimento dei dati elettrici: la Terna trifase

Fune di guardia



Semplice terna – Doppia terna



Due linee che condividono gli stessi sostegni in doppia terna sono comunque, a tutti gli effetti, del tutto indipendenti l'una dall'altra dal punto di vista elettrico.

Terna trifase

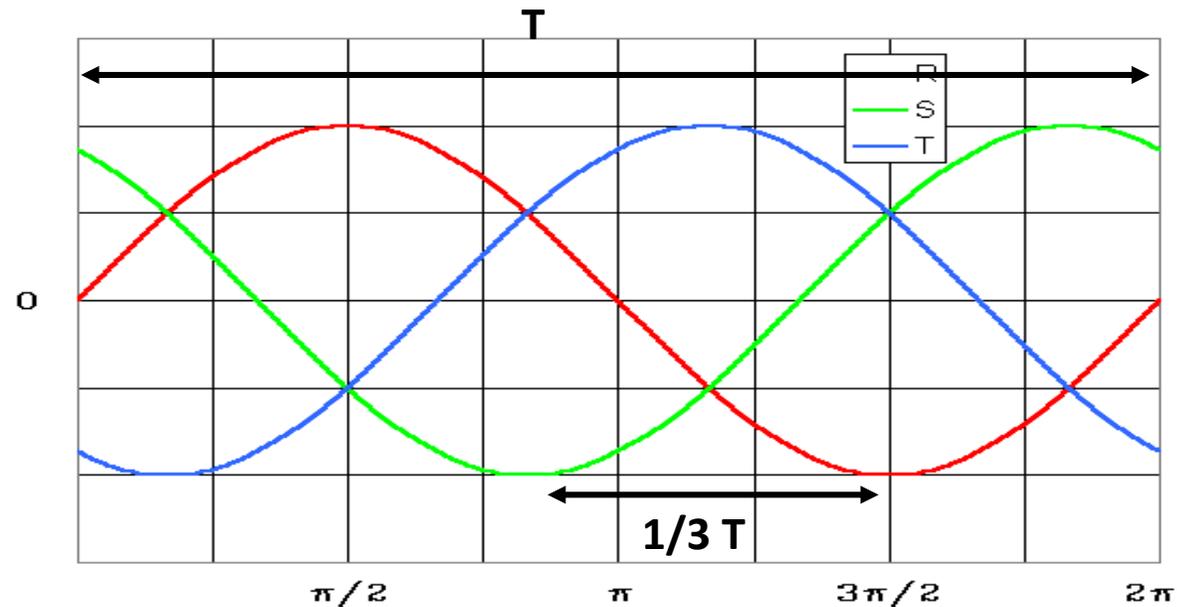
$$V_R = V_0 \cos(\omega t), \quad I_R = I_0 \cos(\omega t)$$

$$V_S = V_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad I_S = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_T = V_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad I_T = I_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_R + V_S + V_T = 0$$

$$I_R + I_S + I_T = 0$$



Terna trifase

Parametri dichiarati dal gestore:

- ✓ tensione nominale V_N
(valore efficace della d.d.p. tra qualunque coppia di conduttori)
- ✓ potenza trasportata P

Parametri utili per il calcolo dei campi:

- ✓ tensione applicata V_A
(valore efficace della d.d.p. tra qualunque conduttore e terra)
- ✓ corrente efficace I_E
(valore efficace della corrente che scorre su ciascun conduttore)

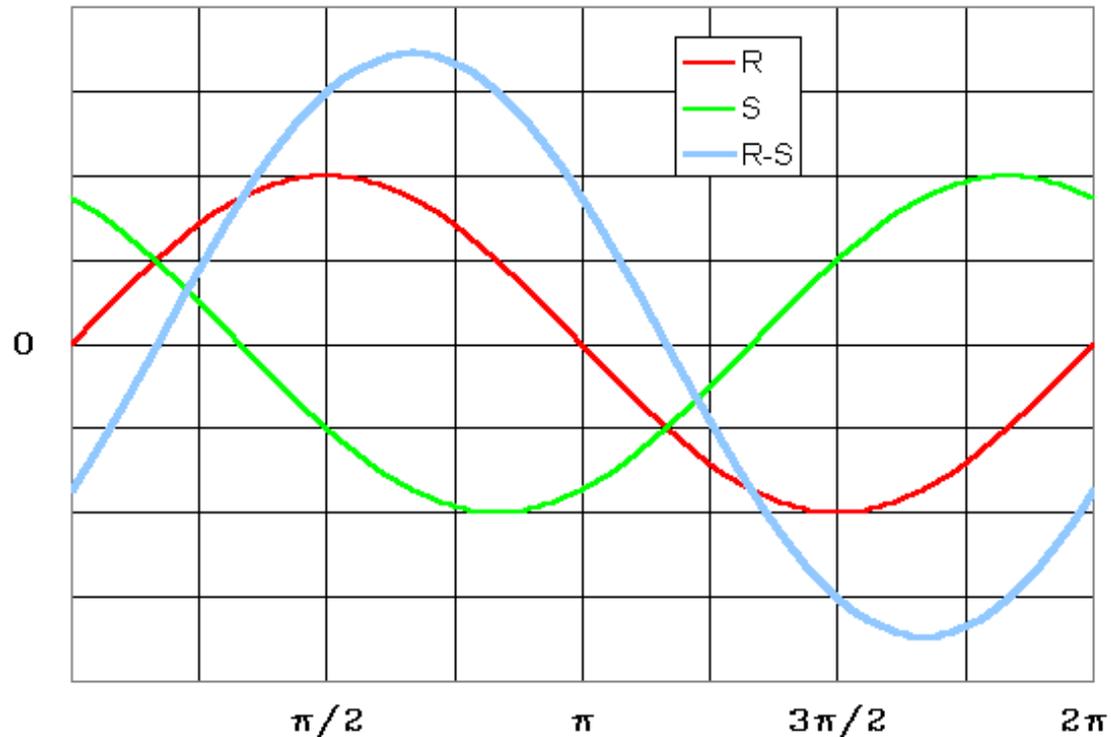
Terna trifase

Tensione nominale: valore efficace della d.d.p. tra qualunque coppia di conduttori

$$V_R - V_S = V_0 \cos(\omega t) - V_0 \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) = V_0 \sqrt{3} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$$

d.d.p. tra qualunque coppia di conduttori è quindi data da:

$$|V_R - V_S| = V_0 \sqrt{3}$$



Valore efficace

- Il **valore efficace** di una funzione periodica con periodo T è dato da:

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) \cdot dt}$$

Quindi:

$$\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T [V_0 \cdot \cos(\omega t)]^2 \cdot dt} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \quad \longrightarrow$$

$$V_N = V_0 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

Terna trifase

Tensione applicata: valore efficace della d.d.p. tra qualunque conduttore e terra:

$$V_A = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

$$V_A = \frac{V_N}{\sqrt{3}}$$

$$V_N = V_0 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

Valore efficace della corrente
su ogni conduttore:

$$I_E = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Potenza trasportata:

$$P = 3V_A I_E = \sqrt{3} V_N I_E$$

Terna trifase: esempio

- Linea con
- $V_N = 380 \text{ kV}$
- Potenza trasportata = 1000 MW

$$V_A = \frac{V_N}{\sqrt{3}} \approx 219 \text{ kV}$$

$$I_E = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_N} = \frac{1000 \cdot 10^6 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 10^3 \text{ kV}} \approx 1500 \text{ A}$$

Approfondimenti normativi

Fascia di rispetto e DPA: definizioni estese

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione dal suolo disti dalla proiezione della linea più della DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto.

Procedura strutturata in 2 livelli: DPA come approssimazione (in senso cautelativo) della Fascia di rispetto

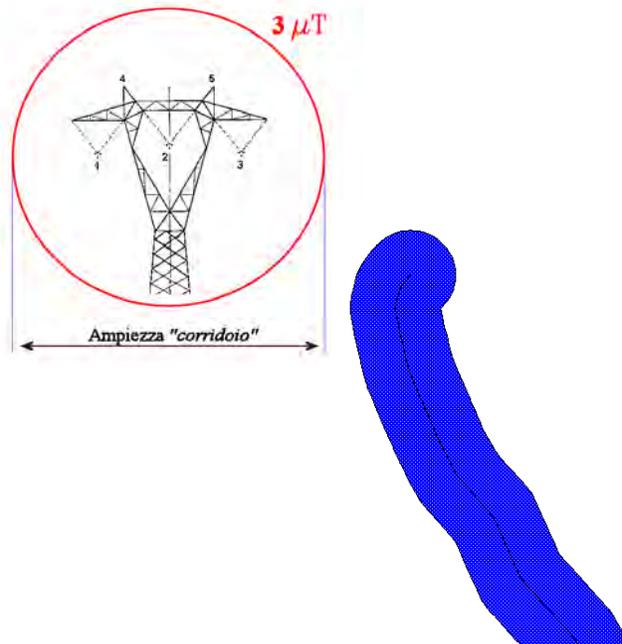
Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del
Territorio e del Mare del 29 maggio 2008.

Livello 1: determinazione della DPA come corridoio bidimensionale, tracciato sulla cartografia.

- Chi sta fuori dalla DPA allora stara' fuori anche dalla fascia di rispetto.
- Viceversa chi sta dentro la DPA NON è detto stia dentro la fascia di rispetto.

Livello 2: laddove necessario (dove ci sono edifici con destinazione che comporti una permanenza > 4h interni alla DPA) si determina la fascia di rispetto (tridimensionale).

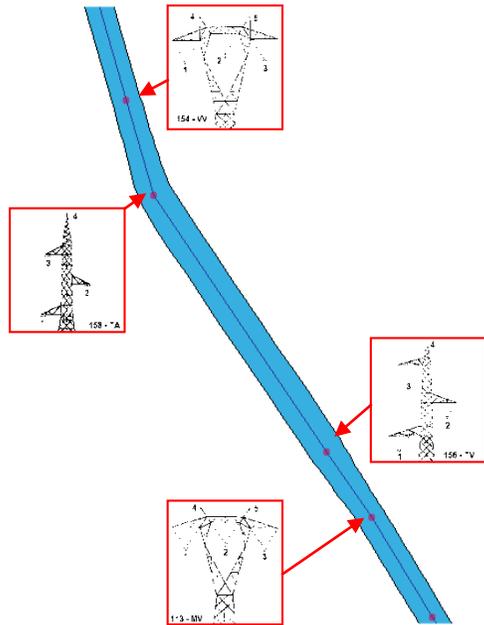
Livello 1



- Calcolare la DPA combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale).
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia e determinare la DPA.
- Comunicarne l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione, cautelativa, delle fasce.

- E' possibile applicare le approssimazioni sia all'intera linea sia ad una tratta sia alle singole campate.
- Per il calcolo della DPA si possono considerare conduttori rettilinei ed indefiniti (CEI 211-4).
- Il DMATTM 29/5/2008 introduce criteri correttivi che permettono di determinare e tracciare le DPA nel caso di: (1) linee con cambi di direzione (2) più linee parallele (3) più linee che si incrociano.

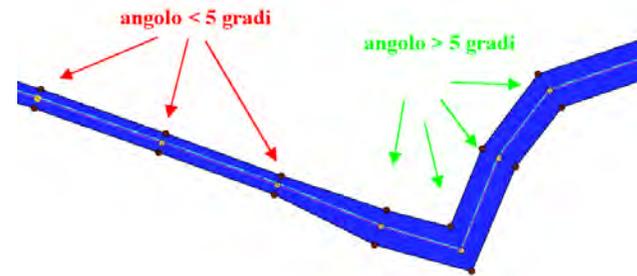
Applicazione della DPA alle singole campate.



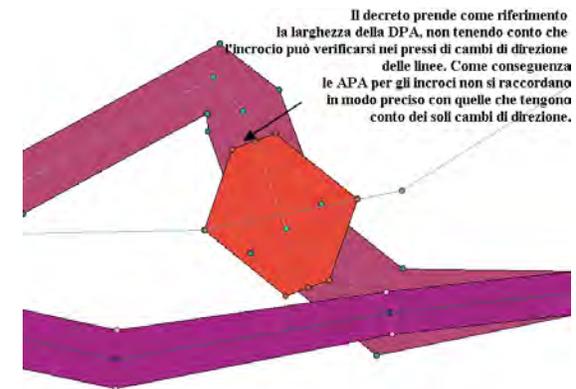
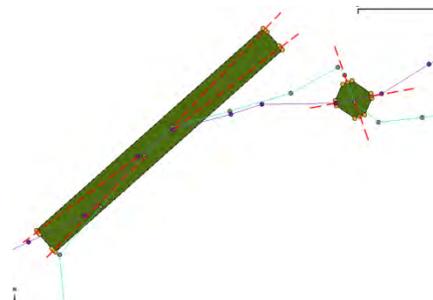
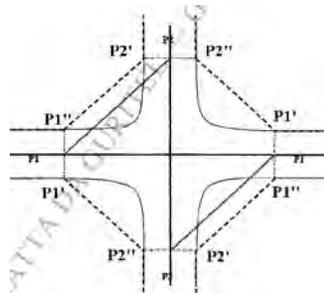
Correzione della DPA per cambi di direzione

Per linee a terza singola e a doppia terza ottimizzata

Tensione	Estensione della fascia lungo la bisettrice θ angolo di deviazione tra 5° e 90°	
	$P_{DPA} bis$	$P_{EXT} bis$
380 kV tre conduttori per fase	$54 + 0.43 \cdot \theta$	$61 + 0.24 \cdot \theta$
380 kV due conduttori per fase	$44 + 0.35 \cdot \theta$	$49 + 0.19 \cdot \theta$
380 kV un conduttore per fase	$32 + 0.25 \cdot \theta$	$35 + 0.14 \cdot \theta$
220 kV due conduttori per fase	$42 + 0.29 \cdot \theta$	$47 + 0.16 \cdot \theta$
220 kV un conduttore per fase	$28 + 0.20 \cdot \theta$	$32 + 0.11 \cdot \theta$
132/150 kV	$22 + 0.14 \cdot \theta$	$24 + 0.07 \cdot \theta$

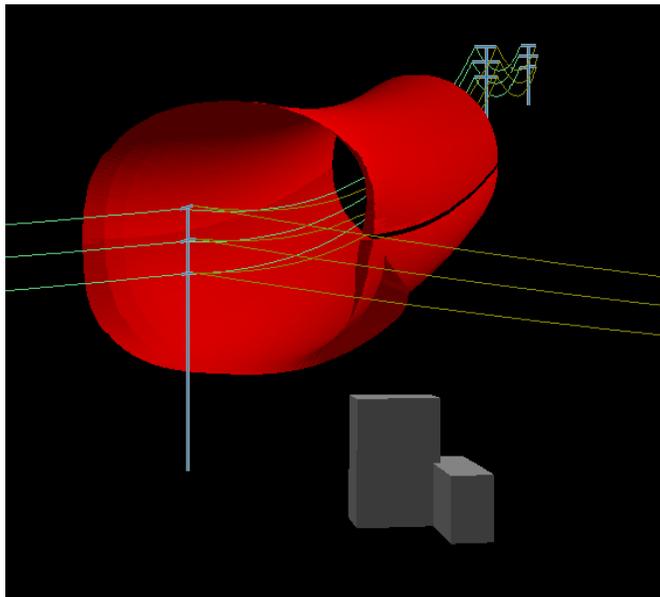
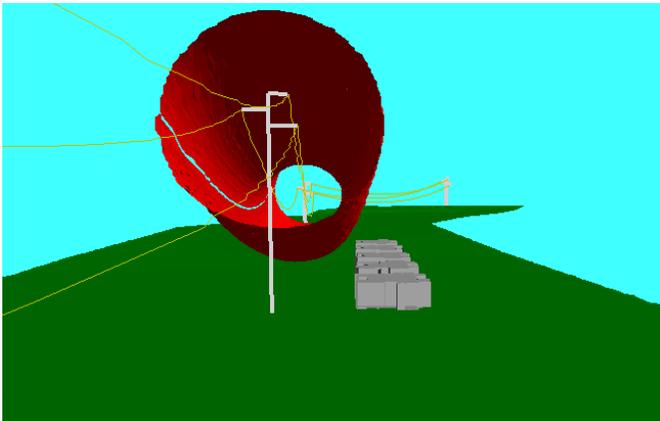


Correzione della DPA per incroci



Il decreto prende come riferimento la larghezza della DPA, non tenendo conto che l'incrocio può verificarsi nei pressi di cambi di direzione delle linee. Come conseguenza le APA per gli incroci non si raccordano in modo preciso con quelle che tengono conto dei soli cambi di direzione.

Livello 2



- Il calcolo dell'induzione magnetica deve essere basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea nella campata (o campate) in esame e deve tener conto della presenza di altri elettrodotti che ne modifichino il risultato. Nel caso di vicinanza o incroci tra linee di proprietari/gestori diversi, i proprietari/gestori devono eseguire il calcolo della fascia con approccio congiunto.
- Sono considerati tutti quegli accorgimenti non temporanei né transitori né rimovibili, che i proprietari/gestori degli elettrodotti adottano allo scopo di ridurre o modificare il campo di induzione magnetica generato.
- Tale calcolo deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali (solo se risultano rispettate determinate condizioni rif. par. 6.1 della norma CEI 106-11) considerando lo sviluppo della catenaria in condizioni di freccia massima, l'altezza dei conduttori sul livello del suolo e l'andamento del terreno.