

***Caratteristiche generali delle linee elettriche aeree facenti parte della RTN******Storia delle revisioni***

Rev. 00	del 01/10/11	Prima emissione
---------	--------------	-----------------

Elaborato		Verificato		Approvato
A. Guarneri SRI/SVT-LAE	M. Forteleoni SRI/SVT-LAE	A. Posati SRI/SVT-LAE		<b>M. Rebolini</b> <b>SRI/SVT</b>

m05IO001SG-r00

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	DEFINIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE .....	3
3	NORME E DOCUMENTI RICHIAMATI.....	3
3.1.1	Legislazione vigente .....	3
3.1.2	Norme CEI, EN, IEC,UNI, ISO, ASTM.....	4
4	RISPONDE A NORME E UNIFICAZIONI .....	4
5	COMPONENTI DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE.....	5
5.1	Caratteristiche tecniche dei sostegni.....	5
5.2	Caratteristiche tecniche delle fondazioni .....	5
5.3	Caratteristiche tecniche di conduttori e funi di guardia.....	6
5.4	Caratteristiche tecniche della morsetteria e degli isolatori .....	7
6	STANDARD PROGETTUALI .....	9
6.1	Elettrodotti aerei a 380 kV .....	9
6.2	Elettrodotti aerei a 220 kV .....	10
6.3	Elettrodotti aerei a 132-150 kV .....	11
7	RUMORE .....	12
8	AREE IMPEGNATE .....	12
9	PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI CAMPI ELETTRICI E LIMITI DI RIFERIMENTO GENERATI DA LINEE ELETTRICHE AEREE IN CORRENTE ALTERNATA.....	13
9.1	Limiti di riferimento.....	14
9.2	Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa .....	15

## 1 PREMESSA

Scopo del presente documento è fornire una descrizione generale delle caratteristiche delle linee elettriche aeree di proprietà di Terna, inclusi i principali componenti.

Verranno inoltre forniti alcuni standard minimi di progettazione che tengono conto delle soluzioni impiantistiche tipiche della RTN.

## 2 DEFINIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE

Ai sensi della Norma CEI 11-4 (1998-09), " *Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne*", si definiscono linee elettriche aeree esterne le " *linee installata all'aperto, al di sopra del suolo e costituite dai conduttori nudi con i relativi isolatori, dai sostegni ed accessori*". Esse sono costituite da una o due terne (si parla rispettivamente di semplice e doppia terna) sempre su palificazione unica. Ai sensi della presente Guida ci si riferisce esclusivamente a linee di proprietà TERNA, con livelli di tensione di 380, 220, 132÷150 kV.

## 3 NORME E DOCUMENTI RICHIAMATI

Le Norme e i documenti richiamati nel presente documento a titolo esemplificativo e non esaustivo, sono di seguito elencati:

### 3.1.1 Legislazione vigente

- Legge 28 giugno 1986 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- D.P.C.M. 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- 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";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

### **3.1.2 Norme CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM**

- Norma CEI 7-2 “Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree” ed. quarta, 1997;
- Norma CEI 7-11 “Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree” ed. prima, 1997;
- Norma CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, ed. terza, 1997;
- Norma CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- Norma CEI EN 60383-1, “Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione”, ed. prima, 1998;
- Norma CEI EN 61284, “Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria”, ed. seconda, 1999;
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- Norma CEI 304-1 “Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche” ed. prima, 2005;
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008;
- Norma IEC 60652-2002 “Loading tests on overhead lines structures”.

## **4 RISPONDEZZA A NORME E UNIFICAZIONI**

Le linee elettriche aeree di proprietà Terna vengono progettate e realizzate in conformità alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti n.449 del 21/03/1988 e n.1260 del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall’art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto che ha recepito la norma CEI 11-4 (quinta edizione, 1998-09).

Per quanto concerne il rispetto delle norme sui campi elettrici e magnetici, le linee sono progettate nel pieno rispetto delle norme vigenti e in particolare del dettato congiunto del D.Lgs 36/2001 e del D.P.C.M. 08/07/2003, nonché successivo Decreto del 29 Maggio 2008, con riferimento ai valori di portata in corrente in servizio normale indicati nella tab. 1 della norma CEI 11-60, come verrà appresso indicato al cap. 0.

Per quanto riguarda le interferenze con le linee di telecomunicazione si fa riferimento alla norma CEI 103-6, mentre per le interferenze con tubazioni metalliche alla CEI 304-1.

Rispondendo all’esigenza di utilizzare componenti e materiali industriali da produrre, per la generalità dei casi, in serie, Terna negli anni, per la realizzazione dei propri componenti di linee elettriche aeree, ha elaborato progetti standard unificati relativi a tutti i livelli di tensione (132-150-220-380 kV) e per tutte le

tipologie di linee (semplice e doppia terna) che rispondono ai requisiti delle norme sopra citate. Ciò ha consentito una tipizzazione dei componenti che ha permesso a Terna di progettare e costruire queste infrastrutture in modo efficiente ed efficace su tutto il territorio nazionale.

In funzione di esigenze particolari, Terna provvede in ogni caso a progettare componenti speciali.

## **5 COMPONENTI DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE**

### **5.1 Caratteristiche tecniche dei sostegni**

Il sostegno è l'elemento deputato a sostenere i conduttori, esso è costituito da più elementi strutturali, di cui uno deputato al collegamento con le fondazioni. La struttura del sostegno ospita le mensole, cui sono ancorati gli armamenti, cioè l'insieme di elementi di morsetteria che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso, che possono essere di sospensione o di amarro. In cima vi sono i cimini, atti a sorreggere le funi di guardia.

In ordine alle loro prestazioni meccaniche esistono diversi gruppi di sostegni (di norma contrassegnati, in ordine di prestazione meccanica crescente, con le lettere L, N, M, P, V, C, E), ciascun gruppo è costituito da sostegni di diverse altezze utili (usualmente da 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 e 33 m).

I sostegni utilizzati da Terna, tubolari o a traliccio, vengono progettati in conformità alle norme tecniche vigenti (D.M. 21/03/1988 e CEI 11-4). Detti progetti sono validati da prove di carico eseguite presso stazioni sperimentali su prototipi in scala reale. Dette prove sono eseguite in conformità alla norma IEC 60652-2002.

### **5.2 Caratteristiche tecniche delle fondazioni**

Nei sostegni tradizionali di tipo a traliccio, ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione, trazione e taglio) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni standard Terna di tipo unificato sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza, mentre su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili le fondazioni vengono, di volta in volta, progettate *ad hoc*.

Ciascun piedino di fondazione è composto da:

- a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- b) un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- c) un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono

raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Nel caso dei sostegni di tipo tubolare la fondazione è invece costituita da un blocco unico in cemento armato.

Per il calcolo di dimensionamento delle fondazioni si osservano le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988.

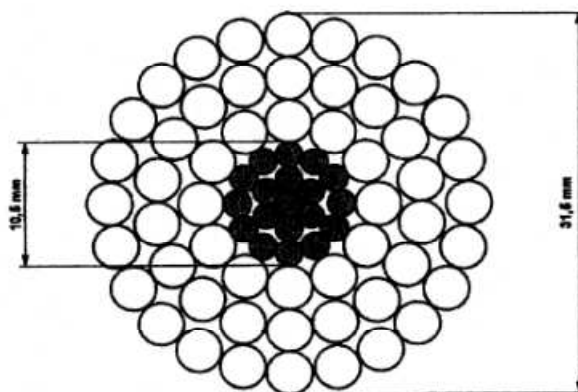
L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., precisa che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, sono idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

### 5.3 Caratteristiche tecniche di conduttori e funi di guardia

I conduttori sono gli elementi preposti al trasporto dell'energia. Nelle linee elettriche in alta e altissima tensione vengono adoperati conduttori nudi, opportunamente distanziati tra loro.

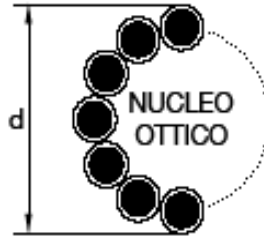
Per elettrodotti a 132÷150 e 220 kV usualmente si utilizza per ciascuna fase elettrica n.1 conduttore, mentre per elettrodotti a 380 KV si usa preferenzialmente per ciascuna fase elettrica un fascio di n.3 conduttori (trinato) collegati fra loro da distanziatori o in alternativa un fascio di n.2 conduttori (binato).

In questo caso ciascun conduttore di energia è costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mmq composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm (nel caso del binato il diametro complessivo è di 40,5 mm).



Per zone ad alto inquinamento salino può essere impiegato in alternativa il conduttore con l'anima a "zincatura maggiorata" ed ingrassato fino al secondo mantello di alluminio.

L' elettrodotto è inoltre equipaggiato con una fune di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La fune di guardia è in acciaio o in acciaio rivestito di alluminio. In alternativa è possibile l'impiego di una fune di guardia con fibre ottiche.



I conduttori e le funi di guardia in acciaio sono rispondenti alle norme CEI 7-2. Le funi di guardia in acciaio rivestito di alluminio sono rispondenti alle norme CEI 7- 11.

In aggiunta a quanto previsto dalle norme, in fase di collaudo Terna richiede, ai fini della sicurezza, prove integrative di carattere elettrico e meccanico.

#### 5.4 Caratteristiche tecniche della morsetteria e degli isolatori

Gli elementi di morsetteria hanno lo scopo di collegare i conduttori nudi e le funi di guardia alle strutture di sostegno.

La morsetteria delle linee elettriche aeree risponde alle CEI EN 61284.

Gli elementi di morsetteria per linee sono scelti in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

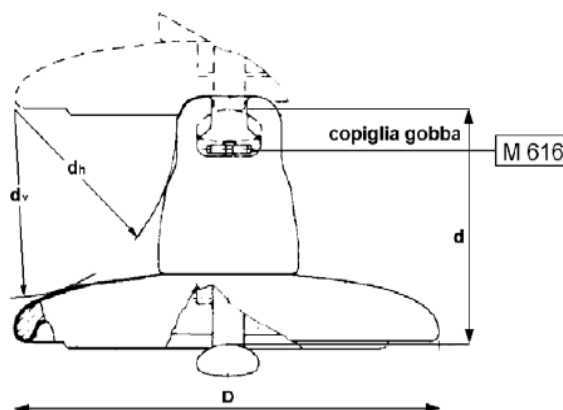
A seconda dell'impiego previsto sono individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione.

Le morse di amarro sono invece dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nello standard progettuale TERNA, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

L'isolamento degli elettrodotti viene realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno n.18 elementi per elettrodotti a 380 kV, n.14 elementi per elettrodotti a 220 kV e n. 9 elementi per elettrodotti a 132-150 kV.



Il criterio di scelta degli isolatori si basa sulle condizioni in termini di inquinamento salino e caratteristiche di tenuta. La tabella sotto riportata mette in relazione la tenuta degli isolatori con i livelli di inquinamento.

<b>LIVELLO DI INQUINAMENTO</b>	<b>DEFINIZIONE</b>	<b>MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m<sup>2</sup>)</b>
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone agricole (2)</li> <li>• Zone montagnose</li> </ul> <p>Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)</p>	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3)</li> </ul>	40
III - Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti</li> <li>• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte</li> </ul>	160
IV – Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi</li> <li>• Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti</li> <li>• Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione</li> </ul>	(*)

Le caratteristiche degli isolatori corrispondono a quanto previsto dalle norme CEI EN 60383-1.

In aggiunta a quanto previsto dalle norme, in fase di collaudo Terna richiede, ai fini della sicurezza, prove integrative di carattere elettrico e meccanico.



## 6 STANDARD PROGETTUALI

Di seguito si riportano alcuni criteri generali per la progettazione delle linee elettriche aeree per i diversi livelli di tensione.

### 6.1 Elettrodotti aerei a 380 kV

Nelle linee a 380 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali a traliccio del tipo a “delta rovescio” nel caso di linee a semplice terna, e con sostegni del tipo “tronco piramidali” nel caso di linee in doppia terna; i sostegni sono realizzati con angolari di acciaio zincati a caldo e bullonati; in casi particolari sono utilizzati sostegni di tipo tubolare.

Ogni fase è costituita da n. 3 o n. 2 conduttori di energia collegati fra loro da distanziatori, con spacing di norma 400 mm. Ciascun conduttore di energia è costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro complessivo di 31,50 mm (40,5 mm per fascio binato).

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 380 kV in corrente alternata
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 1500 A (per fase)
- Potenza nominale 1000 MVA (per terna)

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

<b>Tipologia</b>	<b>Fune di guardia (Ø - mm)</b>	<b>OPGW nominale (Ø - mm) con 48 f.o.</b>	<b>Conduttore (Ø - mm) - EDS<sup>1</sup></b>
380 kV semplice e doppia terna	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 20% zona B)

<sup>1</sup> Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia viene fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione “normale” di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS - “eve ry day stress”). Ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

## 6.2 Elettrodotti aerei a 220 kV

Nelle linee a 220 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali a traliccio del tipo “troncopiramidale”; i sostegni sono, anche in questo caso, realizzati con angolari di acciaio zincati a caldo e bullonati.

Ogni fase è costituita generalmente da n.1 conduttore di energia costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro di 31,50 mm.

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 220 kV in corrente alternata
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 500 A (per fase)
- Potenza nominale 200 MVA (per terna)

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

<b>Tipologia</b>	<b>Fune di guardia (Ø - mm)</b>	<b>OPGW nominale (Ø mm) con 48 f.o.</b>	<b>Conduttore (Ø - mm) - EDS</b>
220 kV Tiro Pieno semplice e doppia terna	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 18% zona B)

### 6.3 Elettrodotti aerei a 132-150 kV

Nelle linee a 132-150 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali a traliccio del tipo “tronco piramidale”; i sostegni sono in questo caso realizzati con angolari di acciaio zincati a caldo e bullonati; in casi particolari sono utilizzati sostegni di tipo tubolare.

Ogni fase è costituita da n.1 conduttore di energia costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro di 31,50 mm.

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 132-150 kV in corrente alternata
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 500 A (per fase)
- Potenza nominale 120-130 MVA (per terna)

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

Tipologia	Fune di guardia (Ø - mm)	OPGW nominale (Ø - mm) con 48 f.o.	Conduttore (Ø - mm) - EDS
132-150 kV Tiro Pieno semplice e doppia terna	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 18% zona B)

## 7 RUMORE

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto in esercizio è dovuta essenzialmente a due fenomeni fisici: il vento e l'effetto corona.

Il vento, se particolarmente intenso, può provocare un leggero sibilo dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità.

L'effetto corona, dovuto al livello di tensione dei conduttori, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Le emissioni acustiche delle linee di Terna rispettano in ogni caso i limiti previsti dalla normativa vigente (D.P.C.M. 14 Novembre 1997).

## 8 AREE IMPEGNATE

In fase di progettazione di un nuovo elettrodotto, in merito all'attraversamento di aree da parte dell'elettrodotto, si possono individuare, con riferimento al Testo Unico 327/01, le **aree impegnate**, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto che sono usualmente pari a circa:

- 25 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 380 kV in semplice e doppia terna;
- 20 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 220 kV in semplice e doppia terna;
- 16 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV in semplice e doppia terna;

Nel corso della realizzazione, il vincolo preordinato all'esproprio viene di norma apposto sulle **"aree potenzialmente impegnate"** (previste dalla L. 239/04).

L'estensione dell'area potenzialmente impegnata sarà usualmente di circa:

- 50 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 380 kV;
- 40 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 220 kV;
- 30 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV.

## 9 PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI CAMPI ELETTROMAGNETICI E LIMITI DI RIFERIMENTO GENERATI DA LINEE ELETTRICHE AEREE IN CORRENTE ALTERNATA

Le linee elettriche aeree di Terna vengono progettate nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici. Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi.

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche aeree in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, in particolare:

- Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1998<sup>2</sup> introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione<sup>3</sup>, è utile menzionare a livello europeo la

- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE)

che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, oggi sostituite dalle più recenti, (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998) chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];
- 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)].

I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:

<sup>2</sup> Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo e a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz) (1998)

<sup>3</sup> Non si fa riferimento, nel presente documento, alla normativa relativa alla protezione dei lavoratori dai campi elettromagnetici, che esula dall'obiettivo della presente trattazione ed è, tra l'altro, attualmente in fase di revisione a livello europeo.

- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV” Seconda edizione, 2002;

### **9.1 Limiti di riferimento**

I livelli di riferimento raccomandati dall’ICNIRP<sup>4</sup> per la popolazione, oggetto di recente revisione, sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200  $\mu$ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell’ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell’esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori sono quindi per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 100  $\mu$ T (valori efficaci)

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

#### **Limite di esposizione<sup>5</sup>:**

- 5 kV/m per il campo elettrico
  - 100  $\mu$ T per l’induzione magnetica
- (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)

#### **Valore di attenzione<sup>6</sup>:**

- 10  $\mu$ T per l’induzione magnetica,

<sup>4</sup> Linee Guida per la limitazione dell’esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010)

<sup>5</sup> La legge 36/2001 precisa che “limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori”

<sup>6</sup> La legge 36/2001 precisa che “valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge”.

(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

**Obiettivo di qualità<sup>7</sup>:**

- 3 µT per il valore dell'induzione magnetica

(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

f (Hz)	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003	
	E (kV/m)	B (µT)	E (kV/m)	B (µT)	E (kV/m)	B (µT)
50	5	200	5	100	5	100 (1) 10 (2) 3 (3)

(1) limite di esposizione (2) valore di attenzione (3) obiettivo di qualità

**9.2 Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa**

Come già chiarito, l'obiettivo di qualità si applica nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di insediamenti esistenti, o nel caso di progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti.

<sup>7</sup> La legge 36/2001 definisce "obiettivi di qualità:

1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;  
2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitizzazione dell'esposizione ai campi medesimi";

Con riferimento agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (Dpa).

Come definita dalla norma CEI 106-11, Fascia di rispetto<sup>8</sup> “ *E' lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.*”

Come meglio specifica il DPCM 8 luglio 2003 [art.6], “*per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ... ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60*”

Come previsto dallo stesso art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Come specificato al par.3.2, tale metodologia, *...ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.*

I riferimenti contenuti nell'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: “*Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni già presenti nel territorio.*” (art. 4 del DM 8 luglio 2003)

Il concetto di Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: “*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 al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto...*”

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree<sup>9</sup>.

Terna progetta le proprie linee nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici.

<sup>8</sup> Il concetto di fascia di rispetto per gli elettrodotti è stato per la prima volta introdotto dalla legge n.36/2001 [art.4, c.1, lettera h] come spazio “*ove non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore*”.

<sup>9</sup> Nel caso di parallelismi tra più linee, incroci o cambi di direzione si parla di “Area di Prima Approssimazione (ApA)”



