

Elettrodotto a 132 kV in semplice e doppia terna

Elettrodotti ingresso Sud S.E. di Lonato:

T. 102 "ST. Lonato – CS Lonato"

T. 103 "ST. Lonato – CP Montichiari"

T. 751 "ST. Lonato – CP Ghedi – CP Montichiari"

T. 784 "ST. Lonato – CP Pozzolengo"

T. 785 "ST. Lonato – CP Desenzano"

T. 788 "ST. Lonato – CP S. Pietro"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

ISC Uso **PUBBLICO**

Storia delle revisioni

<i>Storia delle revisioni</i>		
Rev.00	del 15/02/2021	Prima emissione

Elaborato	Verificato	Approvato
B. Mureddu DTNO-UPRI-Team Linee	F. Pedrinazzi DTNO-UPRI-Team Linee	P. Zanni DTNO-UPRI

a0310301SR_re02

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Terna Rete Italia SpA Gruppo Terna SpA e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia SpA Gruppo Terna SpA

INDICE

INDICE.....	2
PREMESSA.....	4
1 MOTIVAZIONI DELL'OPERA	5
2 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE	5
3 DESCRIZIONE DELLE OPERE	6
3.1 VINCOLI	7
4 CRONOPROGRAMMA.....	9
5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....	10
5.1 PREMESSA.....	10
5.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO	10
5.3 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA	10
5.3.1 Stato di tensione meccanica.....	11
5.4 CAPACITÀ DI TRASPORTO.....	12
5.5 SOSTEGNI	12
5.5.1 Distanza tra i sostegni	14
5.6 ISOLAMENTO	14
5.6.1 Caratteristiche elettriche.....	15
5.7 MORSETTERIA E ARMAMENTI.....	17
5.8 FONDAZIONI.....	18
5.9 MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI.....	21
6 TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	22
7 ATTIVITÀ DI CANTIERE	22
7.1 Descrizione sintetica delle attività lavorative	23
7.1.1 Installazione cantiere temporaneo.....	23
7.1.2 Recupero vecchi conduttori e fune di guardia	23
7.1.3 Fondazioni tipo superficiale e premontaggio base	23
7.1.4 Disarmo e rinterro	24

7.1.5	Montaggio	24
7.1.6	Stendimento nuovi conduttori e fune di guardia	24
7.1.7	Regolazione e amarraggio.....	24
7.1.8	Smobilitazione cantiere e ripristino delle aree	24
8	RUMORE.....	25
9	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI.....	25
9.1	RICHIAMI NORMATIVI.....	25
9.2	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	27
10	AREE IMPEGNATE.....	28
11	FASCE DI RISPETTO	28
12	SICUREZZA NEI CANTIERI.....	29
13	PRINCIPI FONDAMENTALI PER IL CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE	
AT 29		
13.1	EQUAZIONE DELLA CATENARIA	29
13.2	FRECCIA MASSIMA IN UNA CAMPATA.....	30
13.3	EQUAZIONE DEL CAMBIAMENTO DI STATO.....	31
13.4	CARICHI AGENTI SUI SOSTEGNI.....	32
14	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	33
14.1	Leggi.....	33
14.2	Norme CEI.....	34
15	Elenco documenti	35

PREMESSA

La società Terna – Rete Elettrica Nazionale S.p.A. è la società concessionaria in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ai sensi del Decreto del Ministero delle Attività Produttive del 20 aprile 2005 (concessione).

TERNA, nell'espletamento del servizio dato in concessione, persegue i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, secondo le condizioni previste nella suddetta concessione e nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e dalle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;
- deliberare gli interventi volti ad assicurare l'efficienza e lo sviluppo del sistema di trasmissione di energia elettrica nel territorio nazionale e realizzare gli stessi;
- garantire l'imparzialità e neutralità del servizio di trasmissione e dispacciamento al fine di assicurare l'accesso paritario a tutti gli utilizzatori;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

TERNA, pertanto, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, predispone annualmente il Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sottoposto ad approvazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

Ai sensi della Legge 23 agosto 2004 n. 239 e ss.mm.ii., al fine di garantire la sicurezza del sistema energetico e di promuovere la concorrenza nei mercati dell'energia elettrica, la costruzione e l'esercizio degli elettrodotti facenti parte della rete nazionale di trasporto dell'energia elettrica sono attività di preminente interesse statale e sono soggetti a un'autorizzazione unica, rilasciata dal Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e previa intesa con la Regione o le Regioni interessate, la quale sostituisce autorizzazioni, concessioni, nulla osta e atti di assenso comunque denominati previsti dalle norme vigenti, costituendo titolo a costruire e ad esercire tali infrastrutture in conformità al progetto approvato.

1 MOTIVAZIONI DELL'OPERA

TERNA, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, per tramite della Società Terna Rete Italia S.p.A. (Società del Gruppo TERNA costituita con atto del Notaio Luca Troili Reg.18372/8920 del 23/02/2012), intende:

- modificare l'elettrodotto aereo, doppia terna, a 132 kV le cui linee sono denominate: T.102 "ST. Lonato – CS Lonato" e T.103 "ST. Lonato – CP Montichiari" in ingresso alla S.E. di Lonato, nel comune di Lonato del Garda in provincia di Brescia, mediante realizzazione di nuovo sostegno;
- modificare l'elettrodotto aereo, doppia terna, a 132 kV le cui linee sono denominate: T.751 "ST. Lonato – CP Ghedi – CP Montichiari" e T.788 "ST. Lonato – CP S. Pietro" in ingresso alla S.E. di Lonato, nel comune di Lonato del Garda in provincia di Brescia, mediante realizzazione di nuovo sostegno;
- modificare l'elettrodotto aereo, doppia terna, a 132 kV le cui linee sono denominate: T.784 "ST. Lonato – CP Pozzolengo" e T.785 "ST. Lonato – CP Desenzano" in ingresso alla S.E. di Lonato, nel comune di Lonato del Garda in provincia di Brescia, mediante realizzazione di nuovo sostegno.

Le modifiche ai succitati elettrodotti saranno necessarie al fine di soddisfare la richiesta di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) presentata da CEPVDUE S.c.a.r.l. per l'alimentazione di una unità di consumo da 20 MW. Sarà, quindi, necessario ampliare la S.E. di Lonato modificando gli elettrodotti RTN a 132 kV in ingresso alla stessa.

La progettazione dell'opera oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

2 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia.

Il tracciato degli elettrodotti, quale risulta dalla planimetria "Ortofoto" allegata (Doc. n° DE23102B1BBX00005) in scala 1:5.000, è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n. 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione dell'elettrodotto.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Con riferimento agli elaborati cartografici allegati, l'area di intervento è ubicata a sud rispetto alla S.E. di Lonato al confine tra il territorio comunale di Lonato del Garda in provincia di Brescia e Castiglione delle Stiviere in provincia di Mantova.

Elettrodotto aereo T. 102-103

L'intervento di modifica dell'elettrodotto consisterà nella realizzazione di nuovo sostegno tra l'attuale sostegno n.2 e la S.E. di Lonato con altrettanto sostegno di idonea altezza e prestazione meccanica.

Il sostegno oggetto di sostituzione sarà del tipo "amarro" a geometria tronco-piramidale, doppia terna, e sarà realizzato con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati che verranno infissi in fondazioni di cemento armato tipo superficiale CR a piedi separati.

Il conduttore che verrà utilizzato sarà dello stesso tipo attualmente installato e precisamente in Alluminio-Acciaio del diametro di 31,50 mm, che rappresenta uno standard realizzativo per le linee elettriche facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà di Terna S.p.A, e fune di guardia Allumoweld 11,5 mm.

Contestualmente saranno recuperati i conduttori nel tratto dismesso.

Elettrodotto aereo T. 751-788

L'intervento di modifica dell'elettrodotto consisterà nella realizzazione di nuovo sostegno n. 001 per l'ingresso nella S.E. di Lonato in corrispondenza del nuovo stallo in progetto, con altrettanto sostegno di idonea altezza e prestazione meccanica collocato in adiacenza rispetto all'esistente.

Il sostegno oggetto di sostituzione sarà del tipo "amarro" a geometria tronco-piramidale a doppia terna e sarà realizzato con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati che verranno infissi in fondazioni di cemento armato.

Il conduttore che verrà utilizzato sarà dello stesso tipo attualmente installato e precisamente in Alluminio-Acciaio del diametro di 31,50 mm, che rappresenta uno standard realizzativo per le linee elettriche facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà di Terna S.p.A, e fune di guardia Allumoweld 11,5 mm.

Contestualmente saranno recuperati i conduttori nel tratto dismesso.

Elettrodotto aereo T. 784-785

L'intervento di modifica dell'elettrodotto consisterà nella realizzazione di nuovo sostegno n. 001 per l'ingresso nella S.E. di Lonato in corrispondenza del nuovo stallo in progetto, con altrettanto sostegno di idonea altezza e prestazione meccanica collocato in adiacenza rispetto all'esistente.

Il sostegno oggetto di sostituzione sarà del tipo "amarro" a geometria tronco-piramidale a doppia terna e sarà realizzato con angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati che verranno infissi in fondazioni di cemento armato.

Il conduttore che verrà utilizzato sarà dello stesso tipo attualmente installato e precisamente in Alluminio-Acciaio del diametro di 31,50 mm, che rappresenta uno standard realizzativo per le linee elettriche facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale di proprietà di Terna S.p.A, e fune di guardia Allumoweld 11,5 mm.

Il documento Doc. n° DE23102B1BBX00008 (Piano di Governo del Territorio) riporta il tracciato sovrapposto alle carte riportanti gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti ed esecutivi.

3.1 VINCOLI

Dalla consultazione del Geoportale della Regione Lombardia all'indirizzo web <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/> si evince che l'area oggetto di intervento non ricade in zona vincolata (fig. 4.1).

L'indicazione dei vincoli paesaggistici, ambientali e archeologici relativi all'area interessata dai lavori in programma è riportata nella planimetria (DE23102B1BBX00009) 1:5 000 citata.

Il progetto di variante illustrato non richiede la Valutazione di Impatto Ambientale in quanto per sua natura non risulta assoggettabile a quanto previsto dal D. Lgs. n° 4 del 16 gennaio 2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006 n° 152, recante norme in materia ambientale" art. 6 e precisamente:

- **Allegato II**

.... 4) Elettrodotti aerei con tensione nominale di esercizio superiore a 150 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 15 km ed elettrodotti in cavo interrato in corrente alternata, con tracciato di lunghezza superiore a 40 chilometri.

- **Allegato III**

.... z) Elettrodotti per il trasporto di energia elettrica con tensione nominale superiore 100 kV con tracciato di lunghezza superiore a 10 km.

- **Allegato IV**

7. Progetti di infrastrutture

z) elettrodotti aerei esterni per il trasporto di energia elettrica con tensione nominale superiore a 100 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 3 km.

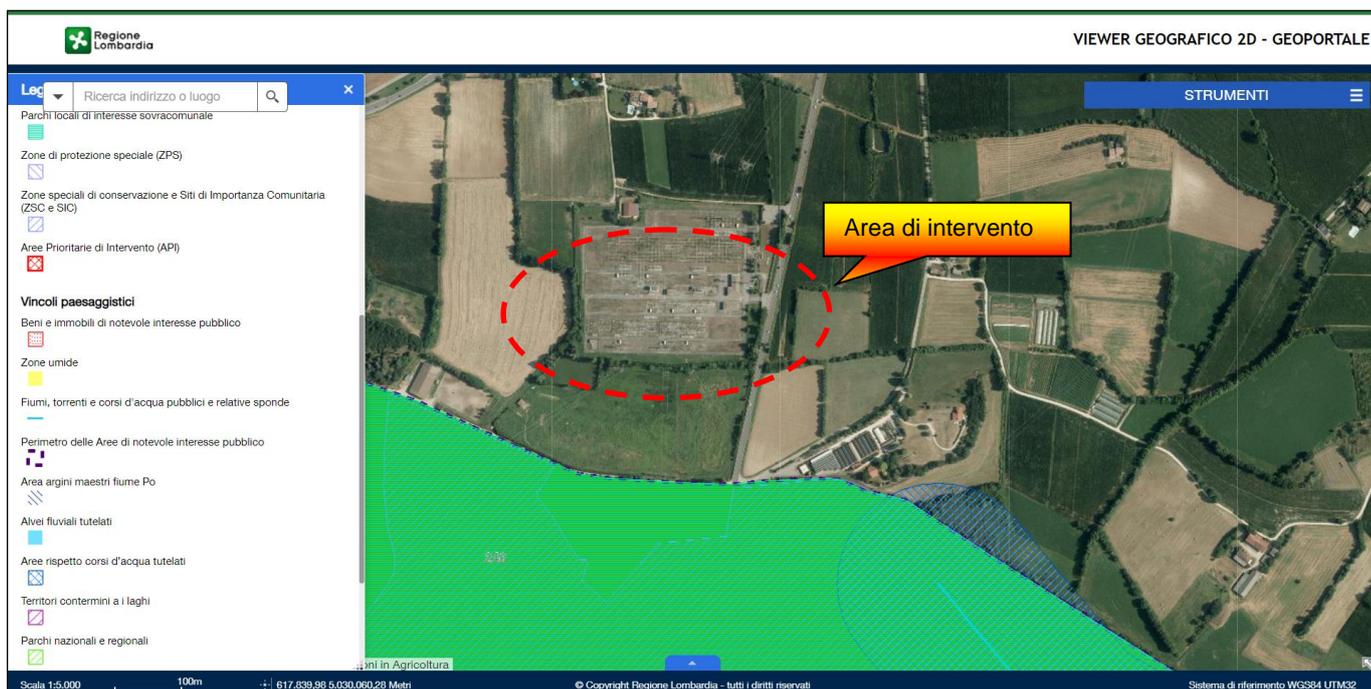


Figura 4.1 – Estratto mappa da Geoportale Lombardia con evidenza aerea di intervento

4 CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori è di seguito riportato.

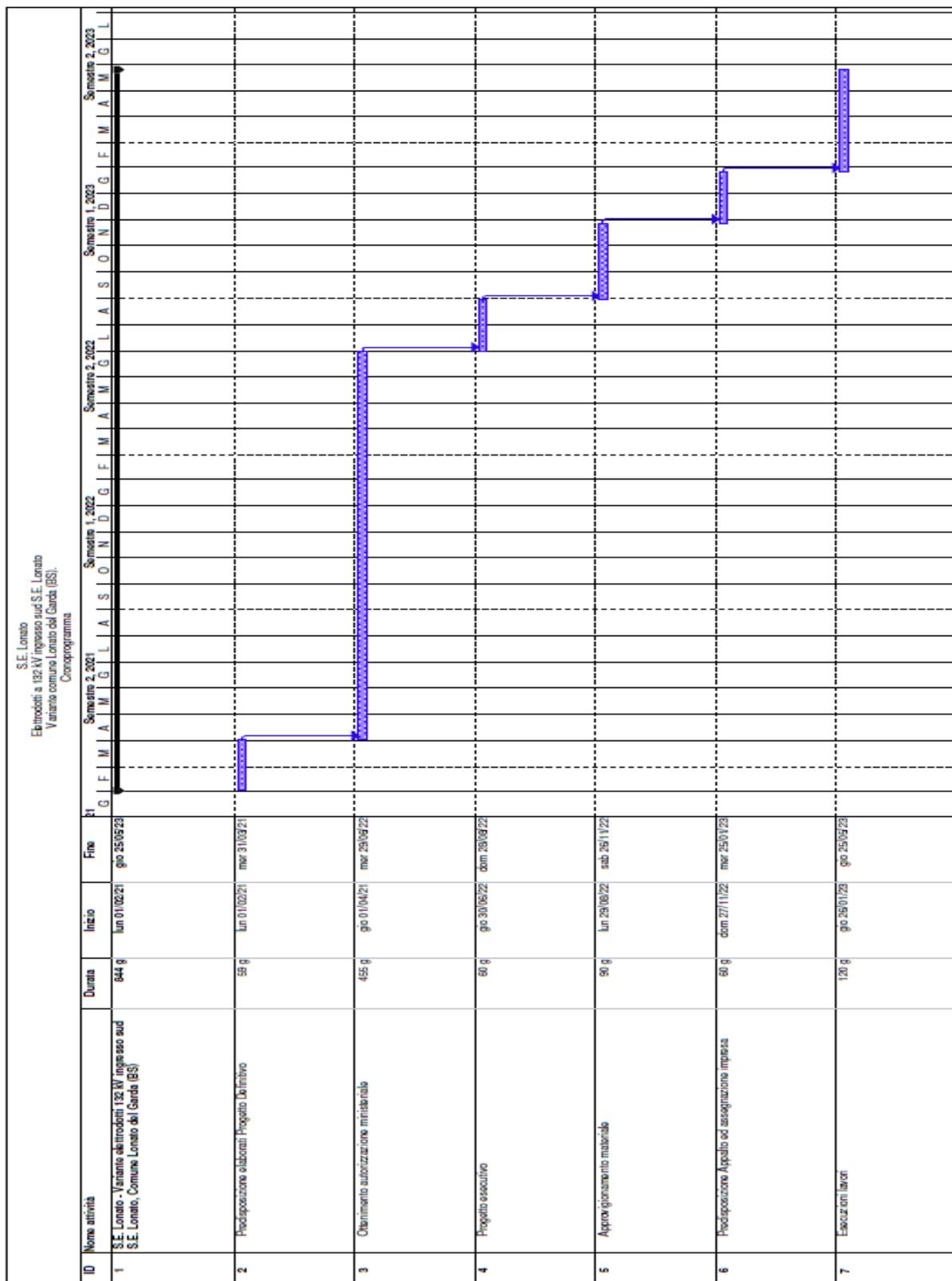


Figura 5.1 – Cronoprogramma attività

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

5.1 PREMESSA

Gli elettrodotti oggetto di intervento saranno costituiti da n. 2 terne realizzate con conduttore in alluminio-acciaio diametro 31,5 mm e fune di guardia diametro 11,5 mm.

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 e alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991, con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del regolamento annesso al Decreto del 21/03/1988 suddetto.

Per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

5.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO

Le caratteristiche elettriche degli elettrodotti sono le seguenti:

T. 102 – 103 – 751 – 784 – 785 – 788

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Corrente secondo CEI 11-60	675 A

5.3 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA

I nuovi conduttori di energia e la nuova fune di guardia, analoghi agli esistenti, saranno posati nei tratti oggetto di intervento e modifica e in particolare nelle tratte comprese tra il sostegno n. 002 e il relativo stallo all'interno della S.E. di Lonato per ciascun elettrodotto. In particolare, per quanto riguarda gli elettrodotti T.784-785 poiché la nuova campata risulterà avere lunghezza inferiore all'esistente, i conduttori verranno traslati dal vecchio sostegno al nuovo.

Per quanto riguarda i nuovi conduttori, ciascuna fase elettrica sarà costituita da un singolo conduttore di energia ed ogni conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio – acciaio dalla sezione complessiva di 585,30 m² composta da 19 fili di acciaio di diametro 2,10 mm e da 54 fili di alluminio di diametro 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm; il carico di rottura teorico sarà pari a 16852 daN.

I franchi minimi da terra sono riferiti al conduttore più basso in massima freccia a 40°C; in ogni caso i conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 7, arrotondamento per eccesso di quella minima prevista dall'art. 2.1.05 del regolamento annesso al D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia in acciaio rivestita di alluminio (Alumoweld) di diametro pari a 11,50 mm destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni; il suo carico di rottura teorico sarà pari a 9000 daN.

5.3.1 Stato di tensione meccanica

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è stato fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio della linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (condizione EDS – "Every Day Stress"); ciò assicura uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stat" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone (A e B) in relazione alla quota e alla posizione geografica.

Gli "stat" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nel prospetto seguente:

- **EDS** – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MSA** – Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h;
- **MSB** – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h;
- **MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MPB** – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **MFB** – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- **CVS1** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h;
- **CVS2** – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h;
- **CVS3** – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C (Zona A) -10°C (Zona B), vento a 65 km/h;
- **CVS4** – Condizione di verifica sbandamento catene: +20°C, vento a 65 km/h.

Le linee in oggetto sono situate in zona B.

5.4 CAPACITÀ DI TRASPORTO

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase; il conduttore previsto corrisponde al "conduttore standard" preso in considerazione dalla norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo.

L'intervento in oggetto è stato sviluppato nell'osservanza delle distanze di rispetto previste dalle norme vigenti sopra richiamate; pertanto le portate in corrente da considerare sono le stesse indicate nella norma CEI 11-60.

5.5 SOSTEGNI

I sostegni utilizzati saranno del tipo a doppia terna con fusto tronco – piramidale e saranno costituiti da angolari di acciaio zincati a caldo e bullonati, raggruppati in elementi strutturali che saranno in numero diverso in funzione dell'altezza.

Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature sono stati eseguiti conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego in zona B.

Le prescrizioni tecniche sono relative alle ipotesi di carico da considerare, alle prestazioni dei componenti la linea (sostegni, conduttori, morsetteria, ecc.), alle distanze di rispetto dei sostegni e dei conduttori da altre opere vicine od attraversate, (in funzione delle ipotesi di carico suddette) dal suolo e dalla vegetazione.

L'assetto e le sollecitazioni del conduttore devono essere calcolati nelle ipotesi indicate nella tabella seguente.

Condiz.	Temper.	Vento tras.	Sp. Ghiac.	Prescrizioni per linee 3° classe
EDS	15°C	0	0	Tiro max < del 25% carico rottura
MSA	-5°C	130 km/h	0	Tiro max < del 50% carico rottura
MSB	-20°C	65 km/h	12 mm	Tiro max < del 50% carico rottura
MFA	55°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc.
MFB	40°C	0	0	Rispetto franchi sul terreno ecc

Le prescrizioni relative al rispetto dei franchi e delle distanze da altre opere sono riassunte nelle tabelle seguenti:

Ipotesi di calcolo ai fini dell' applicazione delle distanze di rispetto per i conduttori (DM 21-03-1988 art. 2.2.04)

Condizione di calcolo	Temperatura	Vento	Ghiaccio
MFB	40	0	0

Distanze di rispetto dei conduttori (DM 21-03-1988 art. 2.1.05 e 2.1.06)

Condizione di calcolo	Distanza da	Valori di legge
MFB	autostrade, strade statali e provinciali, ferrovie	8.98 m
MFB	linee elettriche AT o di contatto ferroviarie	3.48 m
MFB	terreno e acque non navigabili	6.29 m

Distanze di rispetto dei sostegni (DM 21-03-1988 art. 2.1.07)

Condizione di calcolo	Distanza da	Valori di legge
-	Limite zona di occupazione di autostrada	25.00 m
-	Confine strada comunale	3.00 m
-	Dalla rotaia più vicina	6.00 m
-	Dal ciglio della trincea ferroviaria	3.00 m
-	Dal ciglio del rilevato ferroviario	2.00 m

Angoli di incrocio (DM 88 – 2.1.10)

Angolo di incrocio della linea	Valore di legge minimo
con ferrovie, strade statali, autostrade	15°

I sostegni, che saranno provvisti di difese parasalita, avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme. L'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 61 m.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai seguenti elementi strutturali: piedi, base, tronchi, parte comune e mensole. I piedi del sostegno sono l'elemento di congiunzione con il terreno e possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento in caso di terreni acclivi; alle mensole sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I sostegni a 132 kV in doppia terna saranno realizzati utilizzando quelli della serie unificata. Per ogni tipo di sostegno standard sono definite delle prestazioni nominali (riferiti sia alla zona A che alla zona B), con riferimento al conduttore utilizzato alluminio – acciaio Ø 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K): per ogni tipo di sostegno, così, viene definito un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campata media Cm), trasversali (angolo di deviazione δ) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio: partendo dai valori di Cm, δ e K relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento.

Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media si vanno a determinare i valori di δ e K che determinano azioni di pari intensità. In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media, diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di C_m , δ e K , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

Per quanto concerne le fondazioni e i relativi calcoli di verifica, Terna Rete Italia S.p.A. si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

5.5.1 Distanza tra i sostegni

La distanza del futuro sostegno n. 001 dell'elettrodotto T.102-103, esistente e attualmente facente parte dell'elettrodotto T. 784-785, rispetto al portale di ingresso sarà pari a 39,7 metri. La distanza tra il successivo sostegno n.001b rispetto al sostegno n. 001 e al successivo sostegno n. 002, esistente, sarà pari rispettivamente a 97,8 metri e 301,4 metri, come raffigurato nel profilo longitudinale della linea (elaborato LE23102B1BBX00020 foglio n.1).

Per quanto riguarda l'elettrodotto T.751-788 la distanza tra il nuovo sostegno n. 001 e il portale sarà pari a 39,6 metri, mentre la distanza rispetto al successivo sostegno n. 002 esistente sarà pari a 183,4 metri (elaborato LE23102B1BBX00020 foglio n.2).

Anche l'elettrodotto T.784-785 vedrà la realizzazione del nuovo sostegno n. 001 che costituirà una distanza di 37,6 metri rispetto al portale n. 000 e di 182,7 metri rispetto all'esistente sostegno n. 002.

5.6 ISOLAMENTO

L'isolamento dell'elettrodotto, previsto per una tensione massima di esercizio di 150 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 120 kN del tipo "normale", connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi negli amari e 9 nelle sospensioni. Le catene saranno doppie per ciascuno dei rami.

Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

5.6.1 Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle tabelle inserite di seguito sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nelle tabelle che seguono (fig. 6.1) è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in oggetto sono di inquinamento normale, pertanto verrà adottata la soluzione dei 9 isolatori normali (passo 146 mm) tipo U70N LJ1/1 per tutti gli armamenti.

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

- (1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.
- (2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti.
- (3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona ed alle condizioni di vento più severe.
- (4) (*) per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta, in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase oltre la quale interviene una non linearità nel comportamento in ambiente inquinato.

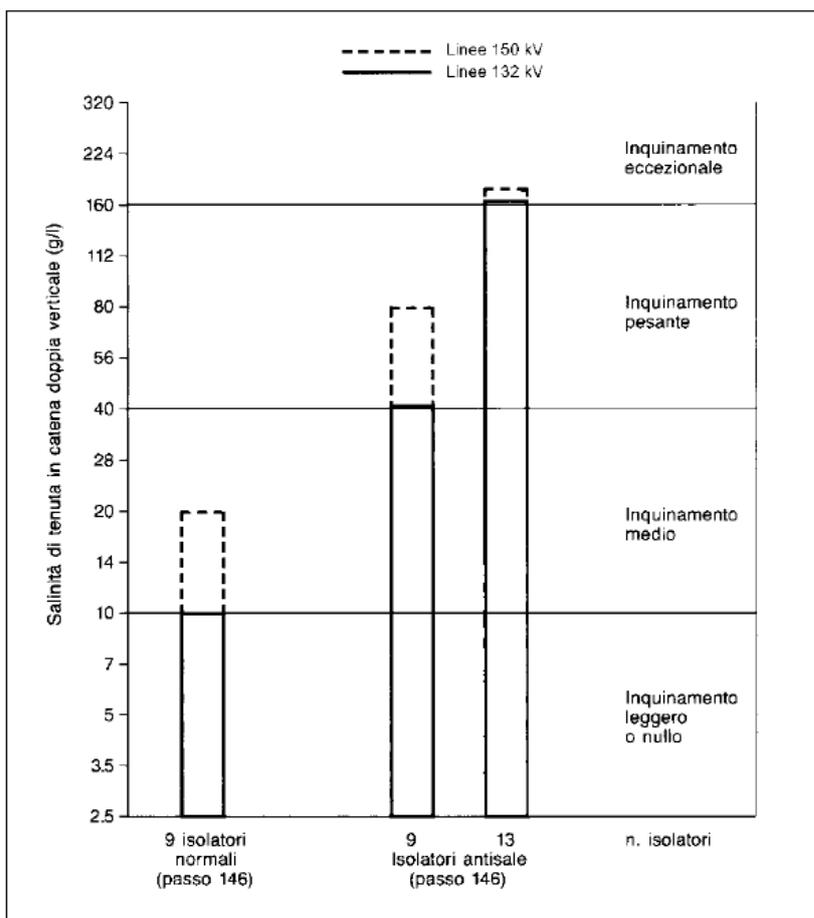


Figura 6.1 – Tabelle per scelta numero isolatori

5.7 MORSETTERIA E ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria che saranno utilizzati nell'elettrodotto in progetto saranno del tipo a 132 kV. In ogni caso tutti gli elementi sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

A seconda dell'impiego previsto sono stati individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti. Nel caso in oggetto, la morsetteria prevista presenta un carico di rottura minimo pari a 120 kN.

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 nel progetto unificato, 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). Gli elementi costituenti la morsetteria sono realizzati con materiali adatti allo scopo e collaudati secondo quanto prescritto dalle Norme CEI 7-9.

Per le linee a 132 – 150 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente:

Equipaggiamento	Carico di rottura (kN)	Sigla
Semplice per sospensione	120	SS
Doppio per sospensione	120	DS
Semplice per amarro	120	SA
Doppio per amarro	120	DA

Per quanto riguarda la fune di guardia, saranno impiegate morse di amarro per fune in Accio rivestito di Alluminio di diametro 11,5 mm in corrispondenza di ogni sostegno oggetto di intervento.

5.8 FONDAZIONI

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni. La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto da:

- 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;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- 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.

Per il calcolo dimensionale è stata seguita la normativa di riferimento per le opere in cemento armato, ovvero il D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*”, oltre alle prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle

fondazioni viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988. L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M., prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

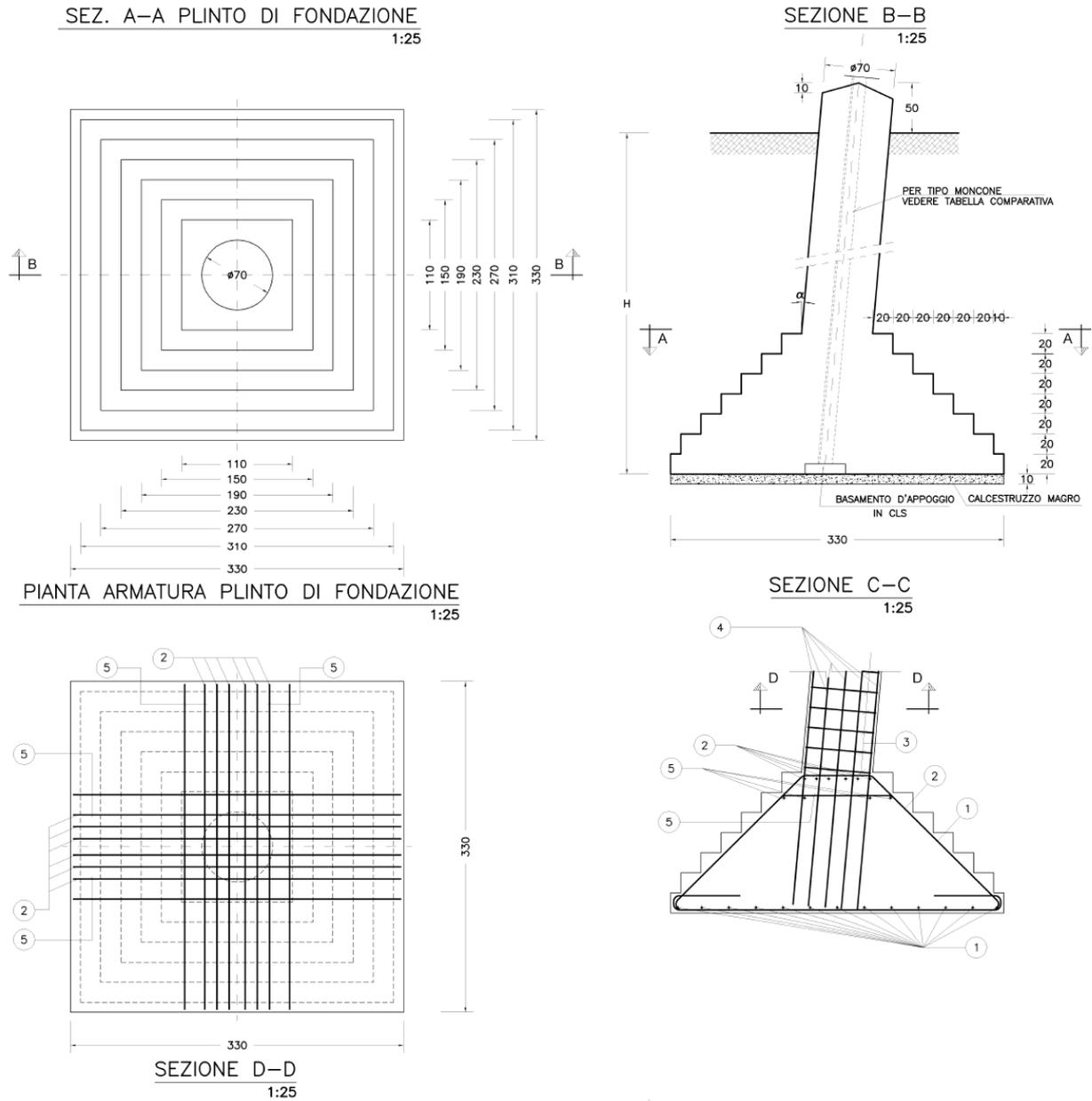
L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "*Tabelle delle corrispondenze*" che sono le seguenti:

- tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino.

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto, le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc.

In questo caso, considerate le tipologie di fondazioni esistenti dei sostegni presenti nell'area in cui sorgeranno i nuovi sostegni, la scelta si è orientata sulla medesima tipologia di fondazioni: LF106/6 mostrata in figura 6.2. La fondazione individuata è tipo superficiale CR a piedi separati, realizzata per ogni piede e costituita da gradini di entità decrescente al ridursi della profondità e pilastro che emerge di circa 20 cm dal piano campagna.



FONDAZIONE		ARMATURA								VOLUME		
TIPO	H (cm)	MARCA	φ (mm)	L. parz. (cm)	p (daN/m)	n°	L. tot. (cm)	p (daN)	p TOT. (daN)	Vol.cis-250 m³	Vol.cis-150 m³	Vol.scavo m³
LF106/6	350	①	14	474	1,208	26	12324	148,87	347,88	9,012	1,089	39,204
		②	14	576	1,208	12	6912	83,50				
		③	8	232	0,395	17	3944	15,58				
		④	14	380	1,208	10	3800	45,90				
		⑤	14	559	1,208	8	4472	54,02				

Figura 6.2 – Fondazione tipo CR superficiale, LF106/6 per ogni piede di un sostegno E21 di una linea a 132 kV in doppia terna.

5.9 MESSA A TERRA DEI SOSTEGNI

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, viene scelto, in base alle indicazioni riportate nel Progetto Unificato, anche il tipo di messa a terra da utilizzare.

Il Progetto Unificato ne prevede di sei tipi, adatti ad ogni tipo di terreno. In casi particolari potranno essere scelti altri tipi di impianto opportunamente documentati.

Una indicazione viene fornita dal progetto dell'impianto di messa a terra dei sostegni esistenti che vede impiegata una corda di rame di sezione pari a 63 mm^2 con disposizione ad anello intorno al sostegno, oltre alle piattine di messa a terra (figura 6.3).

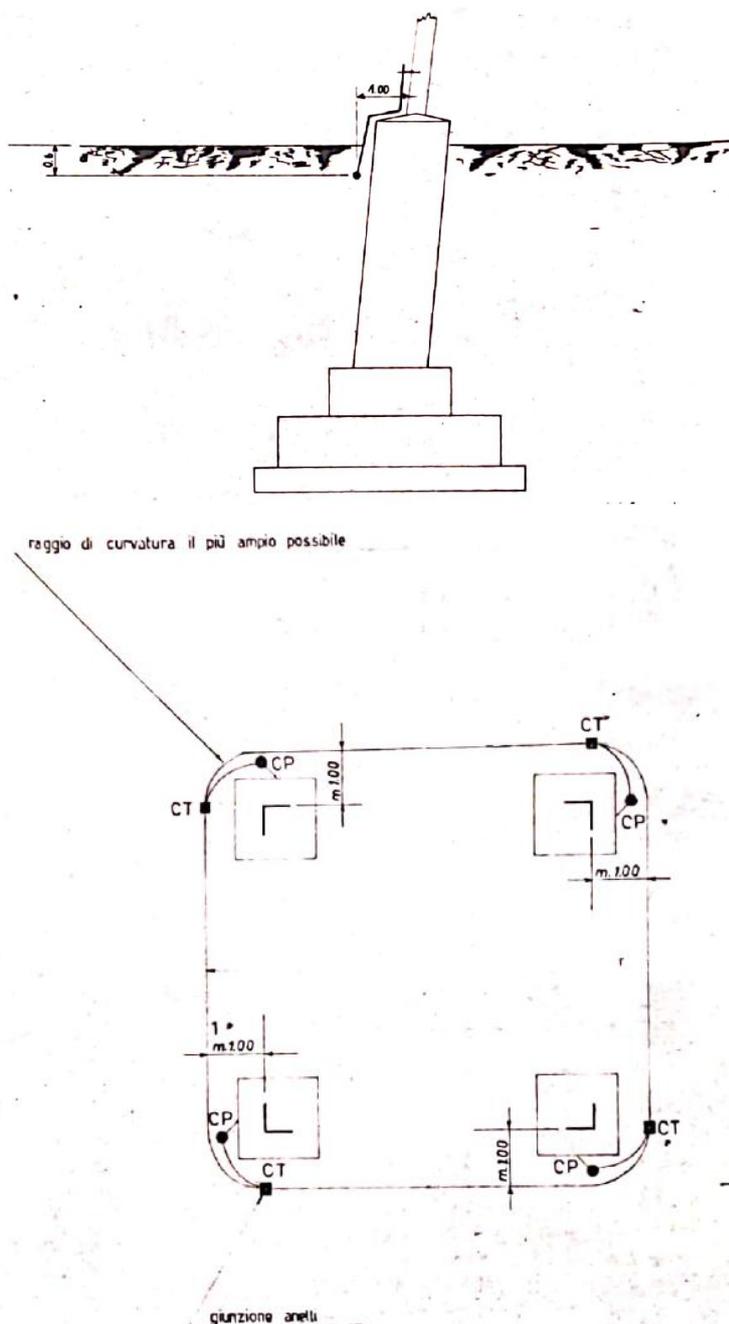


Figura 6.3 – Dispositivo di messa a terra ad anelli equipotenziali in corda di rame da 63 mm^2 . Dis. N. 21530/1-L

6 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Nel presente paragrafo si riporta una stima dei volumi di materiale movimentato in cantiere per la realizzazione dei nuovi sostegni in oggetto, considerando delle fondazioni tipo LF 106/6.

Per la nuova costruzione si stima un volume di scavo complessivo pari a circa 225 m³ a sostegno: in totale 675 m³ per n.3 sostegni da realizzare.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascuna area di lavoro e successivamente il suo riutilizzo in sito per il rinterro degli scavi, previa analisi. Il materiale scavato in eccedenza verrà impiegato in sito per riprofilare il terreno e livellare l'area manomessa. Oltre a quello di fondazione vero e proprio saranno realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo rinterro e costipamento.

7 ATTIVITÀ DI CANTIERE

Si consideri che la costruzione di ogni singolo cantiere è paragonabile ad un "micro-cantiere", le cui attività si svolgono in due fasi distinte:

1. la prima, comprende le operazioni formazione di cantiere, scavo, armatura, casseratura, montaggio base sostegno, getto fondazione, maturazione calcestruzzo, installazione sostegno: ha una durata media di circa 30 gg;
2. la seconda, è rappresentata dallo stendimento e tesatura dei conduttori e delle funi di guardia: la cui durata dipende dall'orografia del terreno, attraversamenti e dal numero di sostegni in opera; nel caso in esame, è stimata in 5 gg.

La durata complessiva delle attività di cantiere è stimata in circa 75 giorni per la realizzazione delle nuove opere, composta secondo le seguenti macro-attività in parallelo:

- formazione cantiere, realizzazione delle fondazioni e base dei sostegni, compresa maturazione calcestruzzo: 50 gg;
- completamento dell'installazione delle parti superiori dei nuovi sostegni: 15 gg;
- esecuzione della tesatura/traslazione dei conduttori e delle funi di guardia: 5 gg;
- ripristino delle aree di cantiere: 5 gg.

L'area di cantiere, coincidente con la localizzazione di ogni singolo sostegno, avrà la dimensione di circa 625 m² (25x25 m). Di quanto detto, la quota di terreno occupata in via definitiva dai nuovi sostegni sarà di 25 m² (5x5 m).

L'accesso alle micro-aree di cantiere di ogni singolo sostegno per il trasporto delle attrezzature e del materiale per l'esecuzione delle opere, così come la fase realizzativa di montaggio dei sostegni e stendimento dei cavi di energia o di protezione, avverrà attraverso l'ausilio della viabilità ordinaria.

7.1 Descrizione sintetica delle attività lavorative

I lavori nel complesso consistono negli interventi necessari alla modifica del collegamento agli stalli delle linee a 132 kV in ingresso Sud della S.E. di Lonato. Nello specifico, per ciascuna linea, è prevista la realizzazione di un nuovo sostegno; i nuovi sostegni saranno di tipologia analoga rispetto agli attuali e realizzati sulla base degli ingombri degli esistenti. Considerata l'ubicazione dei sostegni in area agevole e servita da viabilità, è prevedibile la fornitura e trasporto a picchetto dei materiali necessari mediante mezzi normali.

Di seguito verranno descritte le lavorazioni necessarie alla realizzazione degli interventi in progetto.

7.1.1 Installazione cantiere temporaneo

L'area dei sostegni interessata dai lavori sarà opportunamente protetta e recintata al fine di evitare l'accesso ai non addetti durante le lavorazioni. Sarà prevista la collocazione di cartelli di segnalazione, avvertimento, ecc..., in tutti i punti necessari. Nelle zone di lavoro interferenti con la viabilità urbana ed extraurbana sarà installata idonea segnaletica e apprestamenti stradali seguendo le tavole esplicative dell'attuale normativa vigente (c.d.s.). Ove necessario la viabilità potrà essere regolata attraverso personale addetto alla regolamentazione del traffico (movieri). Tutto il personale operante indosserà indumenti ad alta visibilità/catarifrangenti conformi. L'accesso ai sostegni si prevede agevole, eventualmente mediante la realizzazione di brevi piste di cantiere.

7.1.2 Recupero vecchi conduttori e fune di guardia

I macchinari vengono piazzati alle estremità delle tratte da recuperare. A linea disalimentata, per consentire il recupero dei conduttori e fune di guardia, i sostegni vengono armati con carrucole di diametro idoneo in relazione alla tipologia di conduttore. Successivamente i conduttori vengono allentati dall'argano e sganciati da un'estremità della tratta. Successivamente dall'altra estremità l'argano recupera il conduttore che risulta libero da vincoli. Per l'esecuzione dei lavori nella tratta interessata non si prevede l'utilizzo dell'elicottero e le operazioni sui sostegni verranno eseguite con attrezzatura manuale ad eccezione dei sostegni di inizio/fine tratta dove saranno utilizzati argani a motore.

7.1.3 Fondazioni tipo superficiale e premontaggio base

Le nuove fondazioni saranno del tipo superficiale CR a piedi separati, a gradoni. La realizzazione prevede l'esecuzione dello scavo, per mezzo di escavatore, di dimensioni idonee a raggiungere la profondità prevista da progetto e atta a contenere i n.4 piedi. Si procederà quindi al montaggio dei monconi, piedi e base al fine del corretto posizionamento e successiva armatura e cassetatura di ciascun piede. Successivamente avverrà il getto di calcestruzzo su ciascun piede. Non si prevede l'utilizzo di elicottero considerata la presenza di viabilità ordinaria.

7.1.4 Disarmo e rinterro

Trascorso il tempo necessario alla maturazione del CLS, si procede alla rimozione dei casseri d'armatura, che vengono recuperati per essere riutilizzati su altri siti, e al rinterro dello scavo sempre ad opera dell'escavatore. Il terreno viene opportunamente livellato e compattato per consentire il successivo montaggio. Per l'accesso ai vari siti di intervento verrà utilizzata la viabilità esistente o brevi piste di cantiere realizzate ad hoc.

7.1.5 Montaggio

Segue il montaggio vero e proprio del sostegno. Inizialmente la parte bassa e successivamente la parte alta. La carpenteria del traliccio viene premontata per montanti, facciate o talvolta tronchi interi, ad opera di una squadra di montatori a terra dedicati e specializzati. I conci preparati a terra vengono sollevati fino al punto di posa in opera mediante il sistema 'falcone e argano' o in occasione di area agevole e accessibile mediante autogrù. Il personale, posizionato in quota sulla struttura stessa del traliccio, assicurato mediante idonei sistemi di ritenuta e munito degli strumenti necessari, esegue l'assemblaggio dei conci posizionati, si assicura del serraggio dei bulloni mediante chiave dinamometrica ed esegue la cianfrinatura dei bulloni per evitarne l'allentamento con le vibrazioni. Per l'accesso ai vari siti di intervento verrà utilizzata la viabilità esistente.

7.1.6 Stendimento nuovi conduttori e fune di guardia

Lo stendimento dei conduttori e della fune di guardia avviene per fasi. I macchinari per lo stendimento vengono piazzati alle estremità della tratta da tesare: argano e alzabobine ad una estremità; freno idraulico e un altro alzabobine dall'altra. Lo stendimento della prima fune traente (nylon) avviene generalmente con l'elicottero. La prima fune traente viene legata di testa per mezzo di una "calza" alla successiva fune traente (acciaio). Mentre l'argano recupera le funi traenti, il freno evita che le frecce delle traenti e dei conduttori rimangano sufficienti per non provocare strisciamenti a terra o per scavalcare eventuali ostacoli.

7.1.7 Regolazione e amarraggio

Terminato lo stendimento di conduttori e della fune di guardia, gli stessi vengono presi in carico con paranchi manuali di idonea portata e vengono regolate le frecce sulla base di una tabella di tesatura predisposta dall'ufficio tecnico. I conduttori in freccia vengono amarrati ai sostegni di estremità eseguendo le pressate mediante pressa idraulica e connettendo le morse di amarro alle mensole dei sostegni per mezzo di staffe. Per l'accesso ai vari siti di intervento verrà utilizzata la viabilità esistente od in assenza verrà percorso il tracciato dell'elettrodotto dove possibile.

7.1.8 Smobilitazione cantiere e ripristino delle aree

In questa fase verranno ripristinati i luoghi in cui sono state eseguite le lavorazioni. Si eseguirà lo smontaggio e allontanamento di tutti gli impianti di cantiere, recinzioni, segnaletiche e materiale vario utilizzato ripristinando le condizioni ante-operam delle aree di cantiere.

8 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 il "fischio" dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità. L'effetto corona, invece, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Per quanto riguarda l'emissione acustica di una linea a 132 kV di configurazione standard, misure sperimentali effettuate in condizioni controllate, alla distanza di 15 m dal conduttore più esterno, in condizioni di simulazione di pioggia, hanno fornito valori inferiori a 40 dB(A).

Occorre rilevare che il rumore si attenua con la distanza in ragione di 3 dB(A) al raddoppiare della distanza stessa e che, a detta attenuazione, va aggiunta quella provocata dalla vegetazione e/o dai manufatti. In queste condizioni, tenendo conto dell'attenuazione con la distanza, si riconosce che già a poche decine di metri dalla linea risultano rispettati anche i limiti più severi tra quelli di cui al D.P.C.M. del 01/03/1991, e alla Legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 447 del 26/10/1995).

Confrontando i valori acustici relativi alla rumorosità di alcuni ambienti tipici (rurale, residenziale senza strade di comunicazione, suburbano con traffico, urbano con traffico) si constata che tale rumorosità ambientale è dello stesso ordine di grandezza, quando non superiore, dei valori indicati per una linea a 132 kV. Considerazioni analoghe valgono per il rumore di origine eolica.

Per una corretta analisi dell'esposizione della popolazione al rumore prodotto dall'elettrodotto in fase di esercizio, si deve infine tenere conto del fatto che il livello del fenomeno è sempre modesto e che l'intensità massima è legata a cattive condizioni meteorologiche (vento forte e pioggia battente) alle quali corrispondono una minore propensione della popolazione alla vita all'aperto e l'aumento del naturale rumore di fondo (sibilo del vento, scroscio della pioggia, tuoni). Fattori, questi ultimi, che riducono sia la percezione del fenomeno che il numero delle persone interessate.

9 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

9.1 RICHIAMI NORMATIVI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti) ed aggiornate nel dicembre 2010 nel metodo e nei limiti indicati (oggi meno restrittivi per il campo magnetico).

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa

sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP del 1998. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato all'UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia attraverso la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- *limite di esposizione* il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- *valore di attenzione*, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivo di qualità*, come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge quadro, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003 "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.", che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla (μT) per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 μT , a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 μT . È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali e ancora più bassi se si considera il raffronto con le nuove Linee Guida ICNIRP.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione¹. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius.

9.2 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

Una linea elettrica, durante il suo normale funzionamento, genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza dalla linea.

Per l'esecuzione delle analisi del campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti è stato utilizzato il software "EMF versione 4.08", programma per il calcolo dei campi elettromagnetici a 50 Hz generati da linee elettriche aeree ed in cavo, sviluppato da CESI S.p.A. 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 quella in condizioni di massima freccia. Tale ipotesi è conservativa in quanto, tra due sostegni consecutivi, i conduttori si disporranno secondo una catenaria, per cui la loro altezza dal suolo sarà sempre maggiore del valore preso a riferimento, tranne che nel punto di vertice della catenaria stessa.

¹ Nella sentenza (pagg. 51 e segg.) si legge testualmente: "L'esame di alcune delle censure proposte nei ricorsi presuppone che si risponda all'interrogativo se i valori-soglia (limiti di esposizione, valori di attenzione, obiettivi di qualità definiti come valori di campo), la cui fissazione è rimessa allo Stato, possano essere modificati dalla Regione, fissando valori-soglia più bassi, o regole più rigorose o tempi più ravvicinati per la loro adozione. La risposta richiede che si chiarisca la ratio di tale fissazione. Se essa consistesse esclusivamente nella tutela della salute dai rischi dell'inquinamento elettromagnetico, potrebbe invero essere lecito considerare ammissibile un intervento delle Regioni che stabilisse limiti più rigorosi rispetto a quelli fissati dallo Stato, in coerenza con il principio, proprio anche del diritto comunitario, che ammette deroghe alla disciplina comune, in specifici territori, con effetti di maggiore protezione dei valori tutelati (cfr. sentenze n. 382 del 1999 e n. 407 del 2002). Ma in realtà, nella specie, la fissazione di valori-soglia risponde ad una ratio più complessa e articolata. Da un lato, infatti, si tratta effettivamente di proteggere la salute della popolazione dagli effetti negativi delle emissioni elettromagnetiche (e da questo punto di vista la determinazione delle soglie deve risultare fondata sulle conoscenze scientifiche ed essere tale da non pregiudicare il valore protetto); dall'altro, si tratta di consentire, anche attraverso la fissazione di soglie diverse in relazione ai tipi di esposizione, ma uniformi sul territorio nazionale, e la graduazione nel tempo degli obiettivi di qualità espressi come valori di campo, la realizzazione degli impianti e delle reti rispondenti a rilevanti interessi nazionali, sottesi alle competenze concorrenti di cui all'art. 117, terzo comma, della Costituzione, come quelli che fanno capo alla distribuzione dell'energia e allo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione. Tali interessi, ancorché non resi espliciti nel dettato della legge quadro in esame, sono indubbiamente sottesi alla considerazione del "preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee" che, secondo l'art. 4, comma 1, lettera a, della legge quadro, fonda l'attribuzione allo Stato della funzione di determinare detti valori-soglia. In sostanza, la fissazione a livello nazionale dei valori-soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra le esigenze contrapposte di evitare al massimo l'impatto delle emissioni elettromagnetiche, e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell'energia e di ordinamento della comunicazione è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato. Tutt'altro discorso è a farsi circa le discipline localizzative e territoriali. A questo proposito è logico che riprenda pieno vigore l'autonoma capacità delle Regioni e degli enti locali di regolare l'uso del proprio territorio, purché, ovviamente, criteri localizzativi e standard urbanistici rispettino le esigenze della pianificazione nazionale degli impianti e non siano, nel merito, tali da impedire od ostacolare ingiustificatamente l'insediamento degli stessi".

 <small>TERNA GROUP</small>	RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA	Codifica RE23102B1BBX00016	
		Rev. 00 del 25/01/2021	Pag. 28 di 35

Per approfondimenti si rimanda alla specifica relazione per il calcolo dei campi elettromagnetici.

10 AREE IMPEGNATE

In merito all'attraversamento di aree da parte dell'elettrodotto, si possono individuare, con riferimento al Testo Unico 327/01, le aree potenzialmente impegnate sulle quali viene apposto il vincolo preordinato all'esproprio.

Nel caso specifico, si definiscono le seguenti dimensioni:

- area potenzialmente impegnate: 20 m per parte dall'asse dell'elettrodotto.

11 FASCE DI RISPETTO

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, 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, 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.

Il suddetto riferimento normativo ha definito la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto al fine di applicare 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 giornaliere.

Nel caso specifico si è proceduto ad analizzare i tratti di variante in doppia terna oggetto di intervento.

Considerando la presenza di un parallelismo tra n.3 elettrodotti DT, è stata analizzata la sezione specifica in corrispondenza della minore distanza del conduttore basso della T. 102-103 rispetto al terreno (Sez. A-A).

Tenuto conto dei parametri di calcolo richiamati dalla nota stessa, per la specifica conformazione degli elettrodotti in oggetto, si identifica la Distanza di prima approssimazione (Dpa) complessiva pari a circa 155 metri.

Altra sezione è stata considerata nella campata compresa tra i sostegni n.001B e 002 dell'elettrodotto T. 102-103 nel punto in cui il conduttore basso risulta avere un franco minimo rispetto al terreno. In questo caso, si identifica la Distanza di prima approssimazione (Dpa) dall'asse dello stesso pari rispettivamente a 27,5 metri per lato nella sezione B-B.

12 SICUREZZA NEI CANTIERI

I lavori si svolgeranno in osservanza del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n° 81 "*Testo unico in materia di salute e sicurezza sul lavoro*", così come modificato dal Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n° 106.

Ai sensi della predetta normativa, pertanto, in fase di progettazione, Terna Rete Italia S.p.A. provvederà a nominare un coordinatore per la progettazione abilitato che redigerà il piano di sicurezza e di coordinamento oltre al fascicolo dell'opera; successivamente, in fase di realizzazione dell'opera, Terna Rete Italia S.p.A. provvederà a nominare un coordinatore per l'esecuzione dei lavori, anch'esso abilitato, che vigilerà durante tutta la durata dei lavori sul rispetto da parte delle ditte appaltatrici delle norme di legge in materia di sicurezza e delle disposizioni previste nel piano di sicurezza e di coordinamento.

13 PRINCIPI FONDAMENTALI PER IL CALCOLO DELLE LINEE ELETTRICHE AEREE AT

13.1 EQUAZIONE DELLA CATENARIA

Il conduttore di una linea elettrica si dispone secondo l'arco della catenaria (fig. 14.1), la cui espressione,

con il sistema di assi cartesiani usato in figura, è: $y = Hch \frac{x}{H}$ (ch coseno iperbolico)

Dove H è una costante, detta "parametro della catenaria" che dipende dallo stato di tensione del conduttore e dal suo peso unitario p, ed è data dall'espressione:

$$H = T_0/p$$

In cui T_0 rappresenta la componente orizzontale del tiro nel conduttore (costante lungo la campata come si dimostrerà nel seguito). Misurando T_0 in daN e p in daN/m, H risulta espresso in metri.

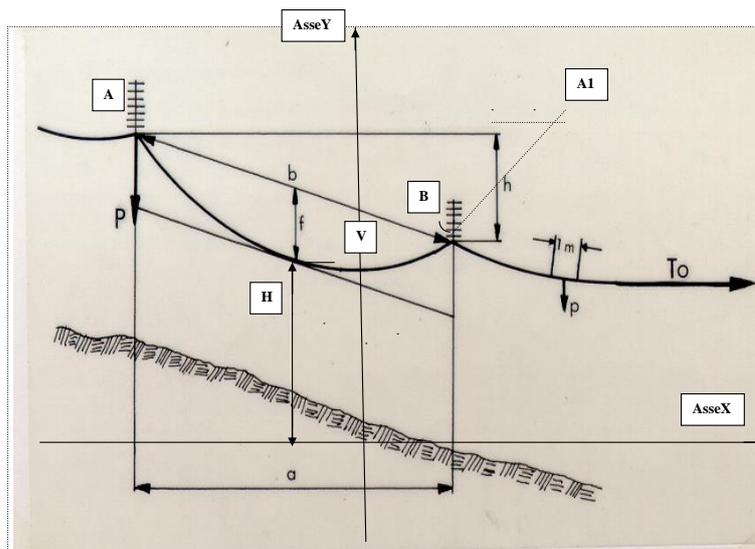


Figura 14.1 – Rappresentazione catenaria

13.2 FRECCIA MASSIMA IN UNA CAMPATA

Quando gli appoggi A e B sono alla stessa quota, la campata si dice a livello (fig. 14.2). In tal caso il vertice V è reale e cade nella mezzeria della campata.

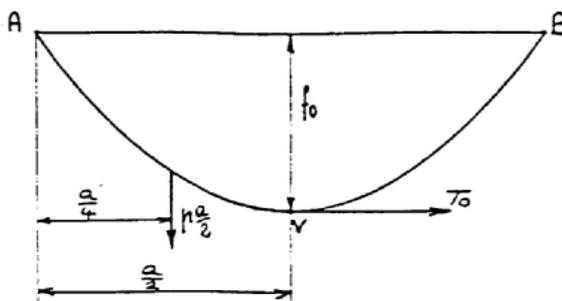


Figura 14.2 – Rappresentazione catenaria a livello

Il massimo valore di freccia nella campata f_0 , si ha proprio in corrispondenza del vertice e la sua espressione è:

$$f_0 = p \cdot a^2 / 8 \cdot T_0$$

Per ottenere il valore della freccia massima nel caso di campate a dislivello (fig. 14.3) si definisce il "tiro medio" T_m , come tiro nel punto della catenaria in cui la tangente è parallela alla corda; si può dimostrare che detto tiro è in pratica coincidente col tiro nel punto medio m della catenaria.

$$f_M = \frac{ab}{8H}$$

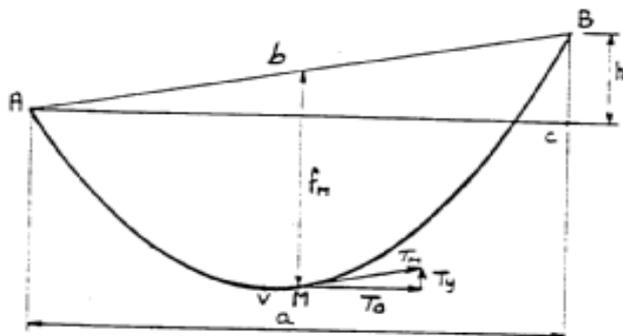


Figura 14.3 – Rappresentazione catenaria con dislivello

13.3 EQUAZIONE DEL CAMBIAMENTO DI STATO

$$\frac{1}{24} \left[\left(\frac{p'a}{T_M'} \right)^2 - \left(\frac{pa}{T_M} \right)^2 \right] - \frac{1}{ES} (T_M' - T_M) - \alpha(\theta' - \theta) = 0$$

nella quale:

T_M' = tiro medio incognito nella condizione finale o derivata (kg)

T_M = tiro medio noto nella condizione iniziale o base (kg)

P' = carico risultante per unità di lunghezza nella condizione finale (kg/m)

P = carico risultante per unità di lunghezza nella condizione iniziale (kg/m)

E = modulo di elasticità (kg/mm²)

S = sezione del conduttore (mm²)

a = lunghezza della campata (m)

α = coefficiente di dilatazione termica lineare (1/°C)

θ' = temperatura nella condizione finale (°C)

θ = temperatura nella condizione iniziale (°C)

13.4 CARICHI AGENTI SUI SOSTEGNI

Azione trasversale esercitata dal conduttore: $T = v \cdot C_m + (T_{01} + T_{02}) \operatorname{sen} \frac{\delta}{2} + t'$

Azione longitudinale esercitata dal conduttore: $L = (T_{01} - T_{02}) \cdot \cos \frac{\delta}{2}$

Azione verticale esercitata dal conduttore: $V = p \cdot C_m + K_1 T_{01} + K_2 T_{02} + p'$

Dove:

v =spinta del vento per metro di conduttore (daN/m o Kgf/m)

p =peso del conduttore per metro (daN/m o Kgf/m)

K =costante altimetrica del palo considerato

K_1, K_2 = costanti altimetriche distinte per campata $K_1 = \frac{\text{dislivello1}}{\text{campata1}}, K_2 = \frac{\text{dislivello2}}{\text{campata2}}$

C_m =campata media (m)

δ =angolo di deviazione linea

T_0 =tiro orizzontale riferito alla campata equivalente della tratta (daN o Kgf)

T_{01}, T_{02} =tiri orizzontali delle due tratte nel caso di sostegno con squilibrio (daN o Kgf)

t' = spinta del vento sulla catena (daN o Kgf), 5% di $v \cdot C_m$ se in sospensione o 10% di $v \cdot C_m$ se sostegno in amarro

p' = peso della catena (daN o Kgf)

14 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento.

14.1 Leggi

- **Regio Decreto 11 dicembre 1933 n. 1775**, "*Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici*";
- **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*";
- **Legge 24 luglio 1990 n. 241**, "*Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi*" come modificata dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- **Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260**, "*Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne*";
- **DPCM 1 marzo 1991**, "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*";
- **Legge 26 ottobre 1995, n. 447**, "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*";
- **Decreto Interministeriale 05 maggio 1998**, "*Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne*";
- **Legge 21 novembre 2000, n. 353**, "*Legge-quadro in materia di incendi boschivi*";
- **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 smi;
- **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*";
- **DPCM 21 ottobre 2003**, "*Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*";
- **Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42**, "*Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*";

- **Legge 23 agosto 2004, n. 239**, *“Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”*;
- **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152**, *“Norme in materia ambientale”* e smi;
- **Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81**, *“Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”*;
- **Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 29 maggio 2008**, *“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”*;
- **Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**, *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*;

14.2 Norme CEI

- **CEI 211-4**, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- **CEI 211-6**, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01
- **CEI 304-1** Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza, prima edizione, 2005;
- **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, 2006:02
- **CEI 11-4**, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09
- **CEI 11-60**, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06

15 Elenco documenti

Sigla documento	Descrizione	Rev	Data revisione
EE23102B1BBX00001	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Elenco Elaborati	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00005	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Inquadramento generale su Ortofoto	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00006	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Inquadramento generale su CTR	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00007	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Planimetria con indicazione degli usi del suolo e della vegetazione	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00008	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Piano Regolatore Generale Comunale	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00009	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Carta dei vincoli	00	25/01/2021
DE23102B1BBX00014	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Planimetria Catastale con DPA	00	25/01/2021
RE23102B1BBX00015	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Ortofoto con aree di cantiere	00	25/01/2021
RE23102B1BBX00016	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Relazione tecnica generale	00	25/01/2021
RE23102B1BBX00018	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Relazione campo elettrico e magnetico	00	25/01/2021
LE23102B1BBX00020	Variante ingresso sud Stazione Elettrica di Lonato elettrodotti aerei a 132 kV nel Comune di Lonato del Garda in Provincia di Brescia richiesto da CEPAV2. Progetto Definitivo Profilo longitudinale stato di fatto e di progetto	00	25/01/2021