

# IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE PER UN LOTTO DI IMPIANTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA PER UNA POTENZA IN IMMISSIONE DI 46.170 kW

COMUNE DI SEZZE (LT)

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione Tecnico Descrittiva Raccordi AT

#### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice GOAL	Tipo docum.	N° elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
PD	T0737281	01	06	01	35	01.06 Rel Raccordi AT.pdf	28.04.2021	n.a.

#### REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
	28.04.21	PRIMA EMISSIONE	STC	CALCARELLA	-
			_____	_____	_____
			_____	_____	_____

#### PROGETTAZIONE: Studio Tecnico Calcarella

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce  
Tel./Fax +39 0832 1798355  
studiocalcarella@gmail.com - fabio.calcarella@gmail.com  
fabio.calcarella@ingpec.it

Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

IL TECNICO

\_\_\_\_\_

GESTORE RETE ELETTRICA

RICHIEDENTE

MAG LAZIO S.r.l. (già ENERGIA QUARTA S.r.l.)

Via Orti, 1a - 37050 San Pietro di Morubio - Verona  
Tel. +39 0874 67618  
PEC energiaquartasrl@pec.it  
P.IVA 01618580706

\_\_\_\_\_

FIRMA PER BENESTARE

\_\_\_\_\_

FIRMA PER BENESTARE

## Sommario

1. PREMESSA .....	2
2. CARATTERISTICHE DELL'AREA .....	3
3. UBICAZIONE ED ATTRAVERSAMENTI .....	3
4. VINCOLI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI.....	3
Piano Territoriale Paesaggistico Regionale.....	3
Interesse archeologico .....	4
Piano di Assetto Idrogeologico Lazio .....	4
Valutazione di Impatto Ambientale.....	5
5. AREE IMPEGNATE.....	6
6. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	7
7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
Leggi.....	7
Norme Tecniche .....	8
8. CARATTERISTICHE DEI RACCORDI .....	8
Accessibilità .....	8
Caratteristiche elettriche elettrodotto.....	8
Distanza tra i sostegni.....	9
Caratteristiche tecniche dei sostegni.....	9
Conduttori e corde di guardia .....	13
Stato di tensione meccanica.....	13
Calcolo freccia massima.....	14
Isolamento .....	16
Caratteristiche elettriche.....	16
9. MORSETTERIA ED ARMAMENTI .....	20
10. FONDAZIONI .....	21
11. MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI .....	22
12. TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	22
Fondazioni a plinto con riseghe.....	23
Pali trivellati .....	24
Tiranti in roccia .....	24
Conclusioni.....	24
13. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	25
Riferimenti normativi .....	25
Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite.....	25
Definizione della fascia di rispetto (Dpa).....	27
Conclusioni.....	33
14. RUMORE .....	34
15. INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	34

## 1. PREMESSA

Il progetto è riferito alle opere di connessione alla RTN di un lotto di 10 impianti per la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica per una potenza di immissione complessiva di 46.167 kW, nel Comune di Sezze in provincia di Latina.

Nove dei 10 impianti hanno potenza di immissione pari a 4.686 kW, uno soltanto (denominato Impianto 10) ha potenza di immissione pari a 3.933 kW. Gli impianti sono limitrofi tra loro ed ubicati in un'area del tutto pianeggiante.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata da e-distribuzione prevede che i dieci impianti componenti il lotto siano allacciati alla rete di Distribuzione MT con tensione nominale di 20 kV, tramite l'inserimento di cinque linee MT in uscita da una *nuova* Cabina Primaria AT/MT denominata "ROSCIOLI", combinate opportunamente per assicurare le rispettive richiuse. La stessa STMG prevede che la nuova CP ROSCIOLI sia collegata in entra esce alla linea RTN 150 kV "Pofi-Sezze".

In relazione a sopra descritta soluzione tecnica di connessione il presente progetto è riferito alle seguenti opere:

1. Cabine di Consegna in MT a 20 kV, in numero di 10, ubicate nell'ambito degli stessi terreni su cui è prevista la realizzazione dei dieci impianti fotovoltaici.
2. Linee MT a 20 kV in cavo interrato AL 185 mmq dalle Cabine di Consegna alla CP ROSCIOLI, compreso linee di richiusura, sempre in cavo interrato della stessa tipologia, tra le Cabine di Consegna.
3. Cabina Primaria MT/AT 20/150 kV, comprensiva del sistema sbarre AT, di due stalli AT con trasformatori da 40 MVA, edificio con locale MT, impianto di terra, opere civili, opere accessorie.
4. Collegamento in entra esce la CP ROSCIOLI e la linea RTN 150 kV "Pofi-Sezze", realizzato con una due linee aeree a 150 kV affiancate di raccordo (o semplicemente raccordi) di lunghezza pari a 2,4 km circa.

La presente relazione è riferita alla descrizione dei raccordi aerei affiancati a 150 kV, tra la CP e la linea AT Pofi-Sezze esistente.

## **2. CARATTERISTICHE DELL'AREA**

Le due linee parallele di raccordo, saranno realizzate in un'area in gran parte pianeggiante ad una quota di pochi metri sul livello del mare, nell'Agro Pontino, fatta eccezione per le ultime due campate che interessano il versante sud di una collina dei Monti Lepini, sino ad una quota di circa 110 m s.l.m.

Sia il tratto pianeggiante sia quello collinare sono privi di vegetazione arborea. In particolare il tratto pianeggiante è completamente antropizzato da un punto di vista agricolo, con tutti terreni a seminativo. Il tratto collinare è brullo roccioso e caratterizzato esclusivamente da vegetazione spontanea di tipo arbustivo.

Dal punto di vista sismico il Comune di Sezze è classificato sismico in Zona 3 B, bassa, con accelerazione massima di picco orizzontale del suolo (ag) pari a 0.0968 g. (OPCM n. 3274 -2003, aggiornato con DGR Lazio n. 387-2009 e successivamente con DGR Lazio 571-2019).

## **3. UBICAZIONE ED ATTRAVERSAMENTI**

Da un punto di vista amministrativo l'intervento ricade nel territorio comunale di Sezze in Provincia di Latina.

La linea in progetto è ubicata

- 16 km circa ad est dell'abitato di Latina;
- 16,5 km ad est della costa tirrenica;
- 4,2 km a sud-est dell'abitato di Sezze

La lunghezza complessiva dei raccordi è di circa 2.430 m (linea ovest) 2.410 m (linea est).

Sono previsti i seguenti attraversamenti, nell'ordina partendo dalla CP Roscioli:

- Strada Comunale (Via Migliara)
- Linea 380 kV Garigliano-Latina
- Fiume Ufento
- Linea ferroviaria Roma-Napoli nei pressi di Sezze Scalo
- Strada Regionale 156 dei Monti Lepini
- Linee elettriche MT
- Linea aerea AT 150 kV

Entrambe le linee aeree AT saranno attraversate in sottopasso.

## **4. VINCOLI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI**

### **Piano Territoriale Paesaggistico Regionale**

L'elettrodotto ricade in gran parte in area tipizzata dal Piano Territoriale Paesaggistico Regionale ai sensi dell'art. 134 comma 1 del D.lgs. 42/2004, definita come "*Area agricola identitaria della campagna romana e delle bonifiche agrarie*".

Inoltre attraversa il corso d'acqua denominato Fiume Ufente, la cui area è tutelata per legge ai sensi dell'art. 134 comma 1 lettera b, e art. 142 comma 1 D.lgs 42/04 quale Corso d'acqua pubblico.

La linea AT in progetto ricade in parte in ambito paesaggistico definito dal PTPR *agrario di rilevante valore* (zona pianeggiante), in parte in ambito paesaggistico *naturale di continuità* (zona collinare).

Il ***Paesaggio agrario di rilevante valore*** è costituito da porzioni di territorio caratterizzate dalla naturale vocazione agricola che conservano i caratteri propri del paesaggio agrario tradizionale. Le aree sono caratterizzate da produzione agricola tipica o specializzata. La tutela del PTPR è volta alla salvaguardia del paesaggio mediante il mantenimento di forme di uso agricolo. In queste aree è consentita l'installazione di infrastrutture di trasporto dell'energia di tipo lineare quale quello in progetto, previa redazione dello Studio di Inserimento Paesistico.

Il ***Paesaggio agrario di continuità*** è costituito da porzioni di territorio caratterizzate ancora dall'uso agricolo ma parzialmente compromesse da fenomeni di urbanizzazione diffusa o da usi diversi da quello agricolo. Nel caso in esame si tratta di un'area sul pendio della collina contigua alla Strada Regionale a scorrimento veloce e alla linea ferroviaria Roma-Napoli. Anche in queste aree è consentita l'installazione di infrastrutture di trasporto dell'energia di tipo lineare quale quello in progetto, previa redazione dello Studio di Inserimento Paesistico.

In definitiva l'intervento interessa in gran parte un'area tipizzata da PTPR ai sensi dell'art. 134 lettera c) del Codice dei Beni paesaggistici e culturali (D.lgs 42/2004) costituenti patrimonio identitario regionale.

In queste aree per i progetti quale quello in esame (rete elettriche lineari) che comportano trasformazione dei luoghi è necessaria la redazione dello **Studio di Inserimento Paesistico** i cui contenuti dovranno essere conformi a quanto indicato all'art. 54 del PTPR, e l'ottenimento della **Autorizzazione Paesistica**.

### **Interesse archeologico**

L'area non risulta essere di interesse archeologico, tuttavia nell'ambito dell'iter autorizzazione la Soprintendenza potrà richiedere la redazione della carta del rischio archeologico.

### **Piano di Assetto Idrogeologico Lazio**

Gran parte dell'area pianeggiante interessata dall'intervento è perimetrata dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Lazio, quale area di *Attenzione idraulica* così come definita all'art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione dello stesso PAI. Nel caso specifico si tratta di *un'area di attenzione per pericolo di inondazione a potenziale pericolosità non ancora sottoposte a studio di dettaglio*.

Ai sensi dell'art. 27 delle NTA del PAI, la realizzazione dell'intervento (nel caso specifico realizzazione di tralicci di sostegno di linea AT aerea) è subordinata alla redazione di un adeguato studio idraulico, da sottoporre al parere del Consorzio di Bonifica e alla Provincia.

### **Valutazione di Impatto Ambientale**

Si fa presente che dal momento che l'elettrodotto ha lunghezza inferiore a 3 km questo **non** è soggetto a procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA, così come previsto all'art. 1 comma d) Allegato II bis degli Allegati alla Parte Seconda del D.lgs. 152/2006 (T.U. Ambiente).

## **5. AREE IMPEGNATE**

Trattandosi di linee AT a 150 kV con conduttori in alluminio acciaio di sezione pari a 31,5 mm, la larghezza della fascia da asservire sarà pari a 29 m (14,5 m a dx e sx).

Pertanto il vincolo preordinato all'esproprio sarà apposto sulle aree individuate da tale fascia di ampiezza pari a 29 m. Tali aree dovranno considerarsi *aree impegnate*.

Nell'ambito della procedura di Autorizzazione Unica ai sensi del D.lgs. 387/03 sarà dichiarata la pubblica utilità dell'opera e attivata la procedura di esproprio ai sensi del D.lgs. 327/01 (TU espropri).

Le *aree impegnate* interessano esclusivamente il Comune di Sezze (LT), ed in particolare i seguenti fogli catastali, Fg 146, Fg. 90, Fg 65, Fg 85, Fg. 48, le particelle sono indicate nell'allegato Piano Particellare.

## 6. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'opera oggetto della presente relazione tecnica consiste nella realizzazione di un **raccordo in doppia terna** tra la nuova **CP ROSCIOLI 20/150 kV da realizzare**, di futura proprietà e-distribuzione, e **la linea RTN 150 kV "Pofi-Sezze"**, esistente di proprietà TERNA. Le due linee corrono affiancate ad una distanza interasse di 21 m circa l'una dall'altra, ed hanno lunghezza di 2.433 m (linea ovest) e 2.414 m (linea est).

Le due linee interessano un'area pianeggiante posta al livello del mare per gran parte del percorso, fatto salvo l'ultimo tratto di 160 m circa in cui abbiamo un salto di quota di 100 m circa, per la presenza del rilievo collinare denominato Colle Quartara.

Nel pur breve percorso sono presenti le seguenti interferenze

- Strada Comunale (Via Migliara)
- Linea 380 kV Garigliano-Latina
- Fiume Ufento
- Linea ferroviaria Roma-Napoli nei pressi di Sezze Scalo
- Strada Regionale 156 dei Monti Lepini
- Linee elettriche MT
- Linea aerea AT 150 kV

Per consentire il sottopasso delle due linee di raccordo alla linea AT 150 kV, si renderà necessario utilizzare tralicci più bassi.

Ciascuna linea partirà dal sostegno di stazione a tiro pieno (palo gatto) posizionato nella CP Roscioli, e sarà costituita da 10 sostegni a traliccio. La linea esistente Pofi – Sezze sarà aperta tra i sostegni 49 e 50, per permettere ai due raccordi di attestarsi sulla linea stessa.

## 7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### Leggi

Regio Decreto 11 dicembre 1933 n. 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge in merito alle acque ed agli impianti elettrici".

Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulle protezioni dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"

DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"

DPCM 8 giugno 2001 n. 327 "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di pubblica utilità"

Decreto legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "Codice dei beni Culturali e del Paesaggio"

DPCM 12 dicembre 2005 "Verifica Compatibilità Paesaggistica ai sensi dell'art. 146 del Codice dei Beni Culturali"

DM 21 marzo 1988 “Disciplina per la costruzione delle linee elettriche aeree esterne” e s.m.i.

Decreto Ministeriale MATTM del 29 maggio 2008 “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”

### **Norme Tecniche**

CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche esterne”

CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne”

CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”

CEI 211-6 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0-10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”

Unificazione TERNA “Linee a 150 kV – semplice Terna conduttori 31.5 mm”

## **8. CARATTERISTICHE DEI RACCORDI**

### **Accessibilità**

L’accessibilità alle posizioni dei tralicci nel tratto pianeggiante potrà avvenire dalla Strada Comunale Mezzaluna, e dalle numerose strade campestri che caratterizzano l’area e che permettono l’accesso ai fondi agricoli. Anche le posizioni dei tralicci nel tratto collinare sono raggiungibili tramite strade secondarie e campestri.

### **Caratteristiche elettriche elettrodotto**

Le caratteristiche tecniche dell’elettrodotto sono riportate in tabella.

Frequenza nominale	<b>50 Hz</b>
Tensione nominale	<b>150 kV</b>
Conduttore Al-Acciaio	<b>1 x 588 mmq (d=31,5 mm)</b>
Tipo	<b>Aereo</b>
Portata di corrente (in servizio normale)	<b>870 A</b>
Zona	<b>A</b>

La CEI 11-60 definisce la Portata in corrente in servizio normale come il valore di corrente che può essere sopportato da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell’invecchiamento. Per gli elettrodotti oggetto della presente analisi, la tabella indica la portata in corrente in servizio normale relativa al periodo climatico più sfavorevole. Tale valore di corrente sarà anche utilizzato per la definizione della Distanza di prima approssimazione.

Ai sensi della Norma CEI 11-4 capitolo 1.2.08 ai fini del calcolo delle linee elettriche gli elettrodotti di raccordo, oggetto della trattazione, ricadono in **Zona A**, ovvero in località dell'Italia centrale, meridionale, insulare di altitudine non superiore a 800 m s.l.m.

### **Distanza tra i sostegni**

Per il raccordo in entra – esce alla linea esistente, come detto, è prevista la realizzazione di due linee AT a 150 kV, con sostegni indipendenti tra le due linee, che saranno denominate **LINEA A** (quella più a est) e **LINEA B** (quella più a ovest). Nella tabella le distanze tra i sostegni per le due linee, i valori medi, minimi massimi oltre che la lunghezza complessiva.

<b>LINEA A</b>		<b>LINEA B</b>	
<b>Campata</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>
Campata 0	94,52	74,44	94,52
Campata 1	301,97	292,46	301,97
Campata 2	262,73	275,36	262,73
Campata 3	263,72	265,62	263,72
Campata 4	325,68	318,87	325,68
Campata 5	256,44	255,02	256,44
Campata 6	256,44	264,37	256,44
Campata 7	262,94	244,02	262,94
Campata 8	248,75	250,84	248,75
Campata 9	159,38	175,42	159,38
<b>Lunghezza complessiva</b>	<b>2.432,57</b>	<b>2.416,42</b>	<b>2.432,57</b>
<b>Lunghezza media</b>	<b>243,26</b>	<b>241,64</b>	<b>243,26</b>
<b>Lunghezza massima (C4)</b>	<b>325,68</b>	<b>318,87</b>	<b>325,68</b>
<b>Lunghezza minima (C0)</b>	<b>94,52</b>	<b>74,44</b>	<b>94,52</b>

### **Caratteristiche tecniche dei sostegni**

I sostegni saranno del tipo a semplice terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno e la necessità di abbassare la linea, in prossimità di sottopassaggi, o di alzarla in corrispondenza di sovrappassi con altre linee. Essi saranno costituiti da angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature, nel progetto esecutivo, sarà eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche saranno state effettuate per l'impiego sia in zona "A".

I sostegni 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 non sarà in ogni caso superiore a 50 m. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, in fase esecutiva potranno essere apportate modifiche di dettaglio per esigenze tecniche ed economiche, senza però modificare sostanzialmente la tipologia dei sostegni stessi e ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dai piedi, dalla base, da un tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse 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. Infine vi è il cimino, atto a sorreggere la corda di guardia.

I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

La serie 150 kV semplice terna è composta da diversi tipi di sostegno, che variano a seconda delle prestazioni a cui possono resistere, disponibili in diverse altezze utili (di norma da 9 m a 48 m).

I tipi di sostegno 150 kV utilizzati e le loro prestazioni nominali riferiti alla zona A con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio  $\Phi$  31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione ( $\delta$ ) e costante altimetrica (k) sono le seguenti:

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
N Normale	9-42 m	350 m	4°	0,15
M Medio	9-33 m	350 m	8°	0,18
P Pesante	9-48 m	350 m	16°	0,24
V Vertice	9-42 m	350 m	32°	0,36
C Capolinea	9-33 m	350 m	60°	0,24
E Eccezionale	9-33 m	350 m	90°	0,36
E* Asterisco	9-18 m	350 m	90°	0,36

Partendo dai valori di Cm,  $\delta$  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  $\delta$  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 Cm,  $\delta$  e K, ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

Per il progetto in esame indichiamo per ciascun sostegno la scelta effettuate sulla base delle specifiche progettuali sopra descritte.

<b>LINEA A</b>				
	<b>Lunghezza campata</b>	<b>Altezza</b>	<b>Angolo deviazione</b>	<b>TIPO</b>
Sostegno 0	94,52 m	18 m	0°	Sostegno di centrale a tiro pieno
Sostegno 1	301,97 m	27 m	30°	V
Sostegno 2	301,97 m	27 m	0°	N
Sostegno 3	263,72 m	27 m	0°	N
Sostegno 4	325,68 m	18 m	0°	N
Sostegno 5	325,68 m	18 m	25°	V
Sostegno 6	256,44 m	27 m	0°	N
Sostegno 7	262,94 m	27 m	28°	V
Sostegno 8	262,94 m	27 m	0°	N
Sostegno 9	248,75 m	33 m	0°	M
Sostegno 10	159,38 m	33 m	0°	C

<b>LINEA B</b>				
	<b>Lunghezza campata</b>	<b>Altezza</b>	<b>Angolo deviazione</b>	<b>TIPO</b>
Sostegno 0	74,44 m	18 m	0°	Sostegno di centrale a tiro pieno
Sostegno 1	292,46 m	27 m	30°	V
Sostegno 2	292,46 m	27 m	0°	N
Sostegno 3	275,36 m	27 m	0°	N
Sostegno 4	318,87 m	18 m	0°	N
Sostegno 5	318,87 m	18 m	25°	V
Sostegno 6	264,37 m	27 m	0°	N
Sostegno 7	264,37 m	27 m	28°	V
Sostegno 8	250,84 m	27 m	0°	N
Sostegno 9	250,84 m	33 m	0°	N
Sostegno 10	175,42 m	33 m	0°	C

La lunghezza della campata è riferita a quella massima sottesa dal sostegno, l'altezza indicata è quella del conduttore più basso.

In definitiva abbiamo:

- Un sostegno di centrale a tiro pieno (palo gatto), per ciascuna delle due linee (A e B)
- Tre sostegni di “vertice” V in corrispondenza del cambio di direzione della linea, per ciascuna delle due linee (A e B)
- Cinque sostegni di linea di tipo “normale” N per la linea B,
- Quattro sostegni di linea di tipo “normale” N per la linea A
- Un sostegno medio “M” per la linea A
- Un sostegno “capolinea” C, per ciascuna delle due linee (A e B)

L'altezza di 18 m per i sostegni 4 e 5 è necessaria per assicurare il sottopasso alla linea 380 kV Latina – Garigliano. Queste le distanze minime verificate:

- Funne di guardia Linea A – conduttore più basso linea 380 kV Latina – Garigliano: 10 m
- Conduttore più alto Linea A - conduttore più basso linea 380 kV Latina – Garigliano: 14 m
- Funne di guardia Linea B – conduttore più basso linea 380 kV Latina – Garigliano: 10,5 m
- Conduttore più alto Linea B - conduttore più basso linea 380 kV Latina – Garigliano: 14 m

L'altezza di 33 m per i sostegni 9 e 10 è necessaria per il sovrappasso ad altra linea 150 kV già in esercizio.

Queste le distanze minime verificate:

- Fune di guardia linea 150 kV esistente– fune di guardia Linea A: 5,5 m
- Fune di guardia linea 150 kV esistente– conduttore più alto Linea A: 9,5 m
- Fune di guardia linea 150 kV esistente– fune di guardia Linea B: 5 m
- Fune di guardia linea 150 kV esistente– conduttore più alto Linea B: 10 m

Infine Indichiamo le distanze minime tra i conduttori più bassi delle due linee e la Ferrovia Roma- Napoli e la Strada Regionale 156.

- Conduttore più basso Linea A – Ferrovia Roma - Napoli: 33,6 m
- Conduttore più basso Linea A – Strada Regionale 156: 38,8 m
- Conduttore più basso Linea B – Ferrovia Roma - Napoli: 33,6 m
- Conduttore più basso Linea B – Strada Regionale 156: 40,6 m

Infine la distanza minima dal conduttore più basso a delle due linee e il piano campagna lo abbiamo in corrispondenza della Campata 4, sottesa tra i sostegni 4 e 5 ribassati a 18 m, con i seguenti valori per le due linee:

- Linea A – piano campagna (franco minimo nella Campata 4): 12,6 m
- Linea B – piano campagna (franco minimo nella Campata 4): 13 m

### **Conduttori e corde di guardia**

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da n° 1 conduttore di energia formato da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> 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, con carico di rottura teorico di 16.852 daN.

Come verificato nel paragrafo successivo i conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10 di **almeno XX metri**, ampiamente superiore a quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991, arrotondamento per accesso di quella massima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L' elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La corda di guardia è in acciaio rivestito di alluminio del diametro di 11,50 mm e sezione di 66,81 mm<sup>2</sup>, sarà costituita da n° 19 fili del diametro di 2,1 mm. Il carico di rottura teorico della corda sarà di 10.196 daN. In alternativa, se necessario, sarà possibile l'impiego di una corda di guardia in alluminio-acciaio con fibre ottiche sempre del diametro di 11,50 mm.

### **Stato di tensione meccanica**

E' stato fissato il tiro dei conduttori e delle corde di guardia 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 - "every day stress"): ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni. Nelle altre condizioni o "stati" il tiro risulta, ovviamente, funzione della campata equivalente di ciascuna tratta. Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema 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

**MPA** – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio

**MFA** – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°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

Dal momento che l'impianto ricade in Zona A i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura, è stato così fissato

**ZONA A** – EDS= 21% per conduttore tipo RQ UT 0000C2 in alluminio acciaio

Il corrispondente valore di EDS per la corda di guardia è stato fissato con il criterio di avere un parametro del 15% più elevato, rispetto a quello del conduttore in condizione EDS. Sono stati ottenuti i seguenti valori:

**ZONA A** - EDS=12.4% per corda di guardia tipo LC 51

### Calcolo freccia massima

Per quanto attiene al calcolo della freccia massima della catenaria dei conduttori aerei si è fatto riferimento a due formule approssimate, che comunque assicurano un elevato grado di precisione e indicate nel documento tecnico “*Modellazione dei conduttori di un elettrodotto aereo: la catenaria*” autori N. Zopetti D. Andreucci – Consiglio nazionale delle ricerche – Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” Firenze Italy – Technical Report n. TR/AEL/08.03 – 2003.

Le formule approssimate sono le seguenti

$$f_{\max} = D^2 / 8k$$

**per campate a livello**

dove

$f_{\max}$  = freccia massima

D = distanza lineare tra i sostegni (lunghezza della campata)

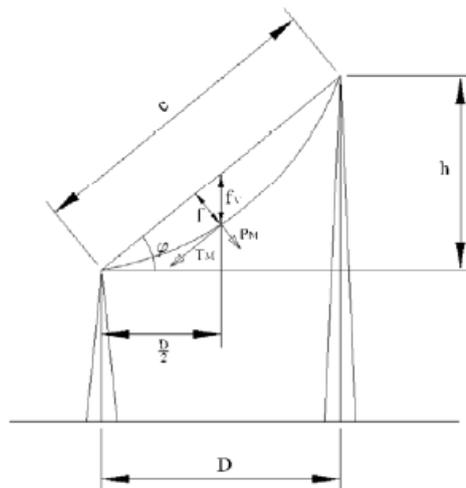
k = parametro di tesatura espresso in metri che è stato assunto pari a 2.000 per tutte le campate

$$f_v = \frac{1}{8} \frac{D \sqrt{D^2 + h^2}}{k}$$

**per campate fortemente rampanti**

dove

h = dislivello tra i sostegni



Di seguito si riportano i valori calcolati con le formule sopra riportate per ciascuna delle campate e per entrambe le linee.

<b>LINEA A</b>	<b>D</b>	<b>h</b>	<b>K</b>	<b>fmax</b>	<b>H Traliccio 1</b>	<b>H Traliccio 2</b>	
Campata 0	94,52	18,90	2000	0,57	18	27	
Campata 1	301,97	0,00	2000	5,70	27	27	
Campata 2	262,73	0,00	2000	4,31	27	27	
Campata 3	263,72	18,15	2000	4,36	27	18	
Campata 4	325,68	0,00	2000	6,63	18	18	sottopasso linea AT 380 kV
Campata 5	256,44	14,47	2000	4,12	18	27	
Campata 6	256,44	0,00	2000	4,11	27	27	
Campata 7	262,94	0,00	2000	4,32	27	27	
Campata 8	248,75	52,00	2000	3,95	27	33	
Campata 9	159,38	175,69	2000	2,36	33	33	sovrapasso linea AT 150 kV
	<b>2.432,57</b>						

*Linea A - Calcolo freccia massima catenarie*

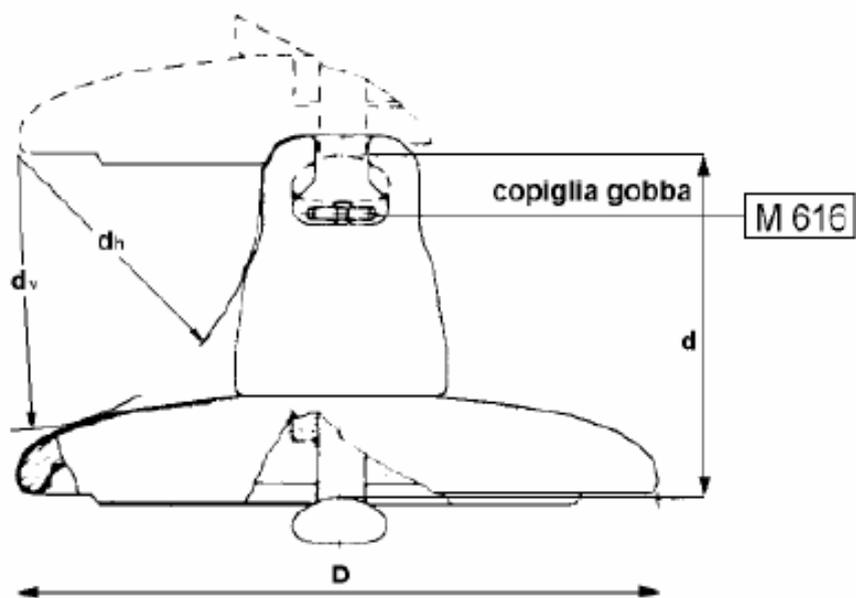
<b>LINEA B</b>	<b>D</b>	<b>h</b>	<b>K</b>	<b>fmax</b>	<b>H Traliccio 1</b>	<b>H Traliccio 2</b>	
Campata 0	74,44	19,45	2000	0,36	18	27	
Campata 1	292,46	0,00	2000	5,35	27	27	
Campata 2	275,36	0,00	2000	4,74	27	27	
Campata 3	265,62	17,50	2000	4,42	27	18	
Campata 4	318,87	0,00	2000	6,35	18	18	sottopasso linea AT 380 kV
Campata 5	255,02	0,00	2000	4,06	18	27	
Campata 6	264,37	0,00	2000	4,37	27	27	
Campata 7	244,02	9,75	2000	3,72	27	27	
Campata 8	250,84	58,38	2000	4,04	27	33	
Campata 9	175,42	194,00	2000	2,87	33	33	sovrapasso linea AT 150 kV
	<b>2.416,42</b>						

*Linea B - Calcolo freccia massima catenarie*

## Isolamento

L'isolamento degli elettrodotti, 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 70 kN (o in alternativa 120 kN) nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi. Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia. Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

Nelle tabelle sotto riportate sono indicate le caratteristiche geometriche tradizionali ed inoltre le due distanze "dh" e "dv" (vedi figura) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.



## 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 LJ1 e LJ2 allegate 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.

Nella tabella che segue 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.

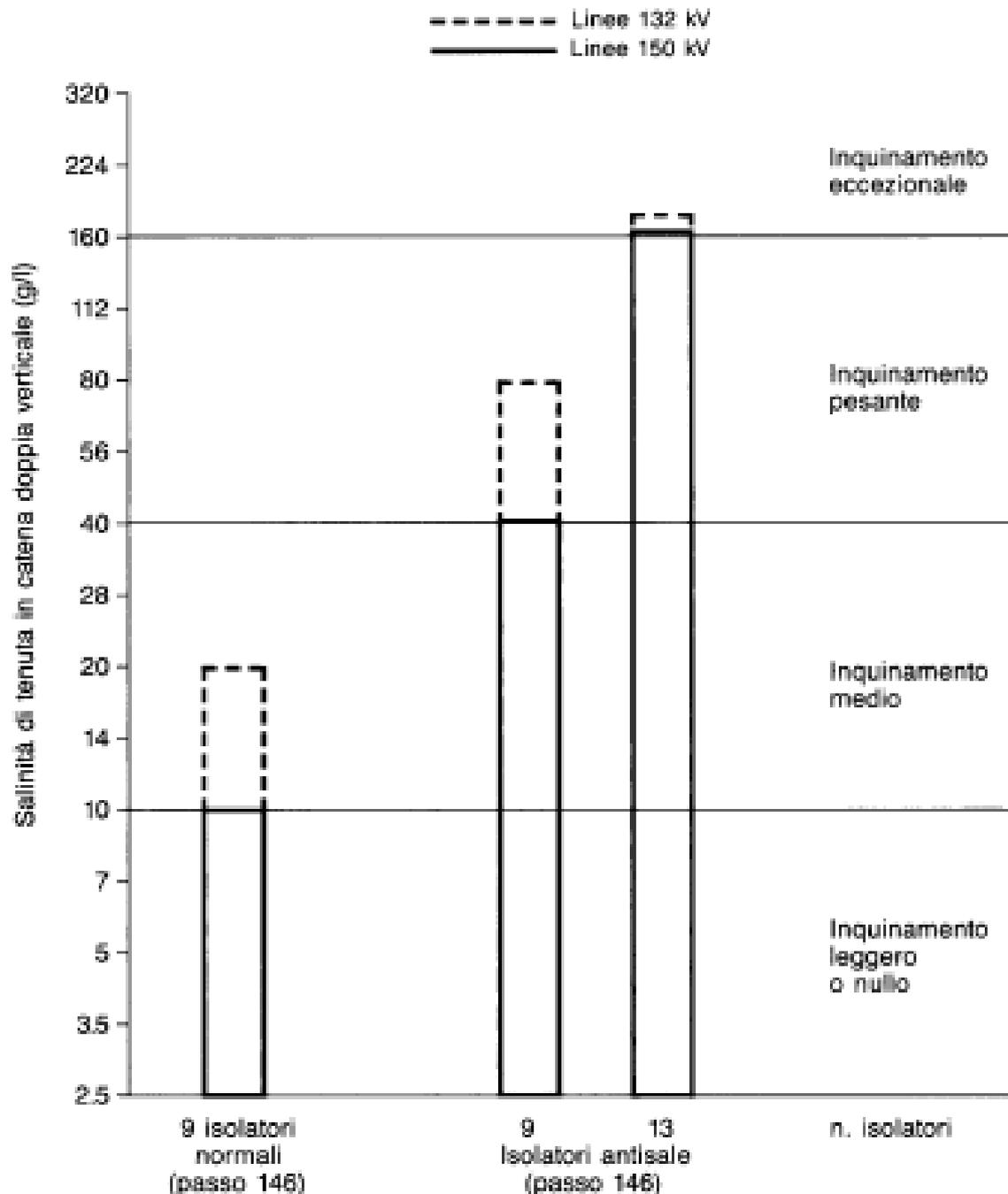
LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (Kg/mq)
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente 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>	(*)

(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 eda 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.



Per le linee che attraversano zone prive di inquinamento atmosferico è previsto l'impiego di catene (di sospensione o di amarro) composto da 9 elementi di tipo "normale".

Tale scelta rimane invariata, come si vede dal diagramma sopra riportato, per inquinamento "molto leggero" e che può essere accettata anche per inquinamento "leggero" (linee a 150 kV) secondo la classificazione riportata nella tabella precedente.

Negli altri casi, al crescere dell'inquinamento, occorrerebbe aumentare il numero di elementi per catena. L'allungamento delle catene, d'altra parte, riduce ovviamente l'altezza utile del sostegno, ed anche le prestazioni geometriche dei gruppi mensole. Si ha perciò un aumento dei costi dello stesso ordine di quello derivante dall'impiego degli "antisale". Perciò se risultano insufficienti 9 elementi di tipo "normale" si passerà

direttamente a 9 elementi “antisale”. Nei pochi casi in cui anche tale soluzione risulta insufficiente si adotteranno fino a 13 elementi “antisale” che garantiscono una completa “copertura” del livello di inquinamento “pesante” (tenendo in conto le necessarie modifiche alle prestazioni dei gruppi mensole e all’altezza utile dei sostegni). Nei rari casi di caso di inquinamento “eccezionale” si dovrà ricorrere a soluzioni particolari quali lavaggi periodici, in grassaggi, ecc.

Le due linee di raccordo in progetto ricadono in zona agricola priva di industrie e con scarsa densità di abitazioni e distano dal mare oltre 16 chilometri, con **livello di inquinamento è nullo o leggero** e di conseguenza la **minima salinità di tenuta degli isolatori può essere posta pari a 10 kg/mq.**

Saranno pertanto utilizzati n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 (normale) per tutti gli armamenti in sospensione e n. 9 isolatori (passo 146) tipo J1/1 per gli armamenti in ammarro.

## 9. MORSETTERIA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 150 kV saranno stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori agli isolatori, ovvero da questi alle mensole.

Sono stati previsti cinque tipi di equipaggiamento: tre impiegabili in sospensione e due in amarro. Per gli equipaggiamenti di amarro e di sospensione dei conduttori è stato previsto un unico carico di rottura 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.

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

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (Kn)	SIGLA
SEMPLICE SOSPENSIONE	360/1	120	SS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA UNICA	360/2	120	DS
DOPPIO PER SOSPENSIONE CON MORSA DOPPIA	360/3	120	M
SEMPLICE PER AMMARRO	362/1	120	SA
DOPPIO PER AMMARRO	362/2	120	DA

La scelta degli equipaggiamenti verrà 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).

## 10.FONDAZIONI

Per fondazione è intesa la struttura (mista in acciaio-calcestruzzo) interrata, incaricata di trasmettere gli sforzi generati dai conduttori e dal peso proprio del sostegno (compressione e/o strappamento) al terreno.

Le fondazioni unificate per i sostegni della serie 150 kV semplice e doppia terna sono del tipo a piedini separati e sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggi 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.

L’abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione sarà determinato nel progetto esecutivo che sarà unificato con l’utilizzo delle seguenti Tabelle delle corrispondenze:

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

In particolare si potrà fare riferimento alla Tabella delle corrispondenze sostegni-monconi-fondazioni, per linee a semplice terna con conduttore singolo con diametro di 31,5 mm – Zona A EDS 14%.

In fase esecutiva il calcolo dimensionale delle fondazioni sarà redatto in conformità alla normativa vigente, con particolare riferimento a:

- D.M. 17 gennaio 2018 Norme Tecniche per le costruzioni
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 recante istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche per la Costruzioni

Da un punto di vista geologico il terreno dell’area di intervento è caratterizzato da formazioni sedimentarie plio – plioceniche, rappresentate da argille e marne grigio – azzurre seguite da sabbie con livelli argillosi e conglomeratici e calcareniti. Questa conformazione geologica imporrà, quasi sicuramente, nella parte in piano la realizzazione di fondazioni profonde, che potranno essere realizzate con pali trivellati a cui sarà collegato ciascuno dei quattro blocchi di calcestruzzo armato di base. Verifiche e calcoli puntuali saranno prodotti in fase esecutiva. In definitiva a valle di indagini geologiche di dettaglio è molto probabile che si verifichi (per la parte in pianura) la presenza di un terreno con scarse caratteristiche geomeccaniche e pertanto per le fondazioni dei tralicci sarà effettuata una progettazione ad hoc e non si potrà fare riferimento alle fondazioni unificate.

## 11.MESSE 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 6 tipi, adatti ad ogni tipo di terreno.

## 12.TERRE E ROCCE DA SCAVO

La realizzazione di un elettrodotto è suddivisibile in tre fasi principali:

1. esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
2. montaggio dei sostegni;
3. messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra, come descritto nel seguito.

Ciascun sostegno sarà dotato di quattro piedini separati e delle relative fondazioni, strutture interrato atte a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Ciascun piedino di fondazione sarà composto di tre parti:

- 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.

Saranno inoltre realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo reinterro e costipamento.

L’abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel Progetto Unificato Terna mediante apposite “tabelle delle corrispondenze” tra sostegni, monconi e fondazioni.

La realizzazione delle fondazioni di un sostegno prende avvio con l’allestimento dei cosiddetti “microcantieri” relativi alle zone localizzate da ciascun sostegno. Essi sono destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, rinterro ed infine all’assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. Mediamente interessano un’area circostante delle dimensioni di circa 25x25 m e sono immuni da ogni emissione dannosa.

Durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso ciascun “microcantiere” e successivamente **il suo utilizzo per il rinterro degli scavi**, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell’idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito. In caso

contrario, saranno eseguiti appositi campionamenti e il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente.

In particolare, poiché per l'esecuzione dei lavori non sono utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare le rocce e terre, nelle aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali in cui sono assenti scarichi, vale a dire nelle aree (quale quella di progetto) in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito.

Per tutte le tipologie di fondazioni, l'operazione successiva consiste nel montaggio dei sostegni, ove possibile sollevando con una gru elementi premontati a terra a tronchi, a fiancate o anche ad aste sciolte.

Ove richiesto, si procede alla verniciatura dei sostegni.

Infine una volta realizzato il sostegno si procederà alla risistemazione dei "microcantieri", previo minuzioso sgombero da ogni materiale di risulta, rimessa in pristino delle pendenze del terreno costipato ed idonea piantumazione e ripristino del manto erboso.

In complesso i tempi necessari per la realizzazione di un sostegno non superano il mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti.

Di seguito sono descritte le principali attività delle varie di tipologie di fondazione utilizzate.

### **Fondazioni a plinto con riseghe**

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni. Queste saranno in genere di tipo diretto e dunque si limitano alla realizzazione di 4 plinti agli angoli dei tralicci (fondazioni a piedini separati).

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore e avrà dimensioni di circa 3x3 m con una profondità non superiore a 4 m, per un volume medio di scavo pari a circa 30 mc; una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini di diametro di circa 1 m.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone". Nel caso di terreni con falda superficiale, si procederà all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento.

In seguito si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. **Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, potrà essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.**

## **Pali trivellati**

La realizzazione di fondazione con pali trivellati avviene come segue.

- Pulizia del terreno; posizionamento della macchina operatrice; realizzazione di un fittone per ogni piedino mediante trivellazione fino alla quota prevista in funzione della litologia del terreno desunta dalle prove geognostiche eseguite in fase esecutiva (mediamente 15 m) con diametri che variano da 1,5 a 1,0 m, per complessivi 15 mc circa per ogni fondazione; posa dell'armatura; getto del calcestruzzo fino alla quota di imposta del traliccio.
- A fine stagionatura del calcestruzzo del trivellato si procederà al montaggio e posizionamento della base del traliccio; alla posa dei ferri d'armatura ed al getto di calcestruzzo per realizzare il raccordo di fondazione al trivellato; ed infine al ripristino del piano campagna ed all'eventuale rinverdimento.

Durante la realizzazione dei trivellati, per limitare gli inconvenienti dovuti alla presenza di falda, verrà utilizzata, in alternativa al tubo forma metallico, della bentonite che a fine operazioni dovrà essere recuperata e smaltita secondo le vigenti disposizioni di legge. **Anche in questo caso il materiale di risulta può essere riutilizzato per la sistemazione del sito o smaltito in discarica autorizzata.**

## **Tiranti in roccia**

La realizzazione di fondazione con tiranti in roccia avviene come segue.

- Pulizia del banco di roccia con asportazione del "cappellaccio" superficiale degradato (circa 30 cm) nella posizione del piedino, fino a trovare la parte di roccia più consistente; posizionamento della macchina operatrice per realizzare una serie di ancoraggi per ogni piedino; trivellazione fino alla quota prevista; posa delle barre in acciaio; iniezione di resina sigillante (biacca) fino alla quota prevista;
- Scavo, tramite demolitore, di un dado di collegamento tiranti-traliccio delle dimensioni 1,5 x 1,5 x 1 m; montaggio e posizionamento della base del traliccio; posa in opera dei ferri d'armatura del dado di collegamento; getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il rinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo. **Il materiale di risulta, mediamente meno del 10% di quello scavato, può essere utilizzato in loco per la successiva sistemazione del sito o allocato in discarica.**

## **Conclusioni**

Secondo quanto indicato all'art. 4 del D.P.R n. 120 del 13 giugno 2017 (pubblicato sulla G.U. del 7 agosto 2017), le terre e rocce da scavo possono essere classificate come sottoprodotto (e non come rifiuto), se soddisfano i requisiti previsti al comma 2 dello stesso articolo, ovvero:

- sono generate durante la realizzazione di un'opera di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

- il loro riutilizzo si realizza nel corso della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari, o viari, ripristini;
- sono idonee ad essere utilizzate direttamente ossia senza alcun trattamento diverso dalla normale pratica industriale.

Per quanto indicato ai paragrafi precedenti, il materiale proveniente dagli scavi dei plinti di fondazione dei tralicci, saranno soggetti a caratterizzazione con analisi puntuali che ne possano escludere una eventuale contaminazione. Qualora come plausibile, il materiale scavato risulti essere non contaminato:

- sarà in gran parte riutilizzato per il rinterro nell'ambito dello stesso sito di scavo;
- una piccola parte, specificamente il terreno vegetale, sarà utilizzato per il ripristino superficiale della stessa rea di scavo;
- una piccola parte in eccedenza sarà avviata in discarica.

Per quanto sopra, in conformità a quanto indicato dall'art. 185 del D.Lgs 152/2006, non sarà necessario redigere il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo.

## 13.CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

### Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato A al DM 29.05.08;
- Norma CEI 106-11 (*Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6)*);
- D.P.C.M. del 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 n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449.

### Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il **limite di esposizione di 100  $\mu$ T** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle

aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il **valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;

- Art.4 comma 1. 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, è fissato **l'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio
- Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ( **$B=3\mu\text{T}$** ) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.
- Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

***Pertanto, è necessario definire la fascia di rispetto dall'elettrodotto del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .***

### Definizione della fascia di rispetto (Dpa)

Nel caso in progetto si tratta di due linee aeree a 150 kV parallele fra loro, per la determinazione della fascia di rispetto si farà riferimento alla metodologia di calcolo indicata nell'Allegato del DM 29 maggio 2008, redatta dall'APAT, che determina tale valore in relazione alle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea.

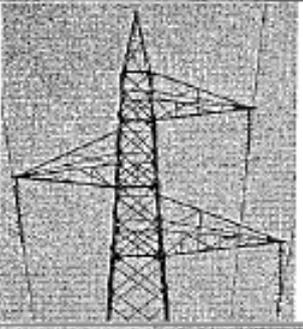
La definizione della Dpa e di conseguenze delle Aree di prima approssimazione è valutata sotto, con i seguenti criteri

- 1) Definizione della Dpa per singola linea (150 kV con un conduttore)
- 2) Definizione della Dpa per due linee 150 kV parallele
- 3) Ampliamento delle Aree di prima approssimazione in corrispondenza dei cambi di direzione delle linee;
- 4) Ampliamento delle Aree di prima approssimazione in corrispondenza delle intersezioni con altre linee.

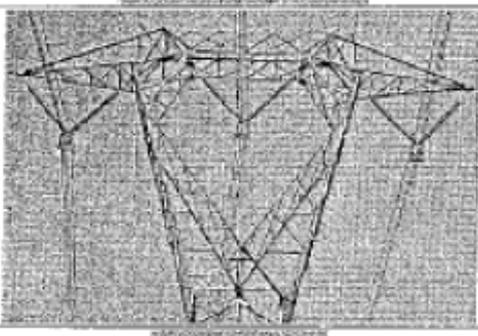
### Dpa singola linea 150 kV con un conduttore

Per poter determinare la fascia di rispetto nel caso di linee parallele preliminarmente deve essere definita la fascia di rispetto della singola linea, a tal proposito faremo riferimento ai valori indicati nelle Linee Guida dell'ARPA Umbria.

Le Linee Guida ARPA Umbria riportano i valori del campo di induzione magnetica a  $3 \mu\text{T}$  a quota conduttore proiettata al suolo, per una serie di linee elettriche aeree. In particolare sono riportati i seguenti valori della fascia di rispetto o Distanza di prima approssimazione (Dpa). Per le linee 132 kV (i valori per le linee 150 kV sono gli stessi) nelle Linee Guida Arpa Umbria si verifica dalla tabella di seguito riportata che per linee a 150 kV a singola terna gestite da TERNA S.p.a., con testa sostegno del tipo previsto in progetto la Dpa è pari a 28 m (proiezione al suolo dall'asse della linea).

GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna Enel Distribuzione	132 kV	Singola terna		22

Riportiamo anche la Dpa per linee AT 380 kV a singola terna (anche se con più conduttori per terna) nel caso di testa sostegno a delta rovesciato, poiché, come vedremo più avanti, necessario per la definizione della Dpa nel punto di intersezione con i raccordi progetto.

GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTIEGNO	DPA (m)
Terna	380 kV	Singola terna		51

### Incremento Dpa nel caso di due linee 150 kV parallele

Nel caso in cui si abbiano linee elettriche parallele o che si incrociano o che abbiano deviazioni dalla linea orizzontale, è necessario introdurre altre distanze ed altri criteri che possano descrivere correttamente l'area di prima approssimazione o se si preferisce la Dpa (Distanza di prima approssimazione).

In particolare per quanto riportato al punto 5.1.4.1 del DM 29 maggio 2008, nel caso di due linee parallele a 150 kV, per il calcolo della Dpa si fa riferimento alla presente figura

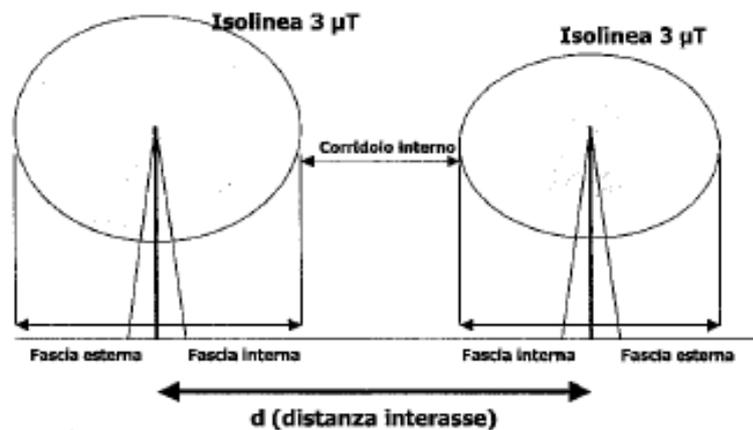


Figura 3: Schematizzazione di un parallelismo tra linee

E alla seguente tabella (ricordiamo che dove si legge tensione di 132 kV ci si riferisce sempre anche a quella di 150kV).

PARAMETRIZZAZIONE CASO C: (132 kV - 132 kV)			
CORRENTI: 245 ÷ 870 A			
Fascia 132 kV (I maggiore) 		Fascia 132 kV (I ≤ dell'altra) 	
<b>Esterna</b>	<b>Interna</b>	<b>Interna</b>	<b>Esterna</b>
<b>10 %</b>	<b>20 %</b>	<b>25 % (*)</b>	<b>30 % (*)</b>
Per distanze interasse fino a <b>55 m</b>	Per distanze interasse fino a <b>90 m</b>	Per distanze interasse fino a <b>90 m</b>	Per distanze interasse fino a <b>55 m</b>
- La superficie interna tra le due linee è da considerarsi <u>continua</u> se il corridoio tra le due fasce singole così calcolate è < 10 m			
(*) In caso di correnti uguali nelle due linee, gli incrementi sono gli stessi della linea parallela			

Gli incrementi dei valori riportati in tabella devono essere calcolati a partire dal valore della Dpa nel caso di linea singola che nel nostro caso, come abbiamo desunto dai valori tabellari di ARPA Umbria è pari a 22 m. Inoltre il valore massimo della corrente è pari a 870 A (portata massima dei conduttori da 31,5 mm).

Nel caso in esame abbiamo, inoltre, la distanza tra asse linee che è pari a:

- 15 m, nel primo tratto,
- 23,5 m nel secondo tratto,
- 25,6 m nel terzo tratto.

La fascia interna ha una larghezza minima di

$$Dpa = 22 \times 1,2 = 26,4 \text{ m (+20\%)}$$

Quindi in ogni caso l'area di prima approssimazione comprende di fatto tutta l'area compresa tra le due linee.

La fascia esterna ha una larghezza massima di:

$$Dpa = 22 \times 1,3 = 28,6 \text{ m (+30\%)}$$

In definitiva l'area di prima approssimazione che deriva da queste Dpa comprende la fascia interna tra i due conduttori, si estende 28,6 m a sinistra e a destra, nella parte esterna, a sinistra e a destra delle due linee.

### Incremento Dpa in corrispondenza dei cambi di direzione della linea

Nel caso in cui si abbiano cambi di direzione delle linee elettriche parallele, secondo quanto riportato al punto 5.1.4.2 del DM 29 maggio 2008, si ha un incremento della Dpa, in corrispondenza del cambio di direzione come graficamente rappresentato in figura ( $\theta$  rappresenta l'angolo di deviazione).

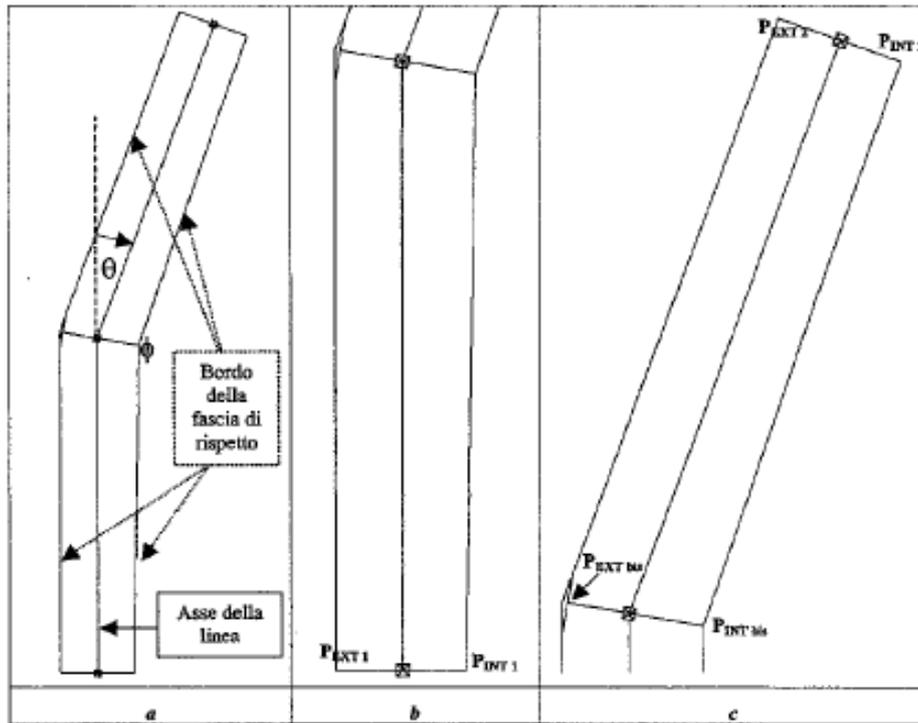


Figura 4: schematizzazione del cambio di direzione di una linea

L'entità dell'incremento è invece riportata in tabella (per il caso in esame si veda l'ultima riga).

Per linee a terna singola e a doppia terna ottimizzata

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

Per ciascuna delle nostre due linee a 150 kV, riportiamo in tabella gli angoli deviazione e gli incrementi di Dpa sul lato esterno.

<b>LINEA A</b>		
<b><math>\theta^\circ</math></b>	<b>Pint bis (m)</b>	<b>Pext bis (m)</b>
30	26,2	26,1
25	25,5	25,75
28	25,92	25,96
8	23,12	24,56

<b>LINEA B</b>		
<b><math>\theta^\circ</math></b>	<b>Pint bis (m)</b>	<b>Pext bis (m)</b>
30	26,2	26,1
25	25,5	25,75
28	25,92	25,96

Dal momento che l'incremento dovuto al parallelismo è maggiore sia all'interno sia all'esterno delle due linee il cambio di direzione non determina un incremento della Dpa, che resta di 28,6 m all'esterno delle due condutture e comunque comprende tutta l'area tra le due linee stesse.

#### **Incremento Dpa in corrispondenza di intersezione con altre linee AT**

Per i due raccordi AT (linea A e Linea B) abbiamo l'intersezione con le seguenti linee AT:

- Linea 380 kV Latina Garigliano – Linea A raccordo (incrocio ad angolo acuto)
- Linea 380 kV Latina Garigliano – Linea B raccordo (incrocio ad angolo acuto)
- Linea 150 kV esistente – Linea A raccordo (incrocio ad angolo acuto)
- Linea 150 kV esistente – Linea B raccordo (incrocio ad angolo acuto)
- Linea 150 kV Sezze Pofi – Linea A raccordo (incrocio ad angolo acuto)
- Linea 150 kV Sezze Pofi – Linea B raccordo (incrocio ad angolo acuto)

L'intersezione tra le due linee di raccordo in progetto e la Linea 150 kV Sezze-Poffi si avrà in corrispondenza del punto di raccordo, inoltre nell'ultimo tratto dei due raccordi si è anche tenuto in conto la prossimità della Linea 380 kV Latina – Ceprano (con la quale non c'è comunque intersezione).

L'Area di prima approssimazione nella regione di spazio in prossimità dell'incrocio tra le linee è individuata sempre secondo quanto indicato al paragrafo 5.1.4.4 del DM 29 maggio 2008.

La figura di riferimento del richiamato DM è la seguente

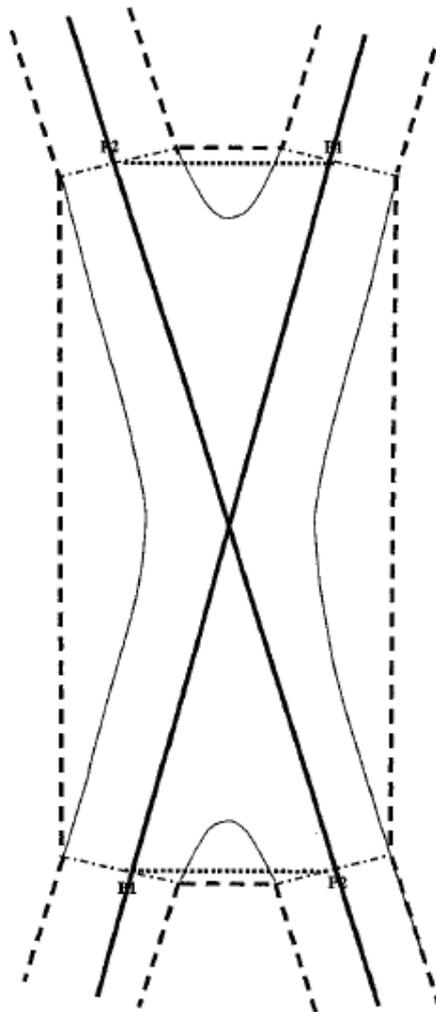


Figura 6: schematizzazione di incrocio ad angolo acuto tra due linee

I segmenti P1 e P2 hanno le lunghezze indicate in tabella. Per l'intersezione tra linee 150 kV il valore è di 90 m, per l'intersezione tra linee 150 kV e 380 kV il valore è 180 m.

<b>INCROCIO CASO E: 380 o 220 kV con 132 kV</b>
<b>380 o 220 kV con un conduttore per fase</b>
$\overline{P1P2} = 110 \text{ m}$
<b>380 o 220 kV con due conduttori per fase</b>
$\overline{P1P2} = 150 \text{ m}$
<b>380 o 220 kV con tre conduttori per fase</b>
$\overline{P1P2} = 180 \text{ m}$

<b>INCROCIO CASO F: 132 kV con 132 kV</b>
$\overline{P1P2} = 90 \text{ m}$

Definiti geometricamente i punti P1 e P2 lungo l'asse delle due linee che si intersecano, l'ampliamento delle Aree di prima approssimazione diventa quello indicato dalle linee tratteggiate nella Figura 6 (DM 39 maggio 2008) sopra riportata.

Seguendo queste indicazioni geometriche del più volte richiamato DM 29 maggio 2008 per tutti gli incroci esistenti, si è arrivati alla definizione delle Aree di prima approssimazione riportata nella tavola "**01.03 Dpa Raccordi AT 150 kV**", facente parte della documentazione di progetto.

### **Conclusioni**

Come si evince dalla tavola "**01.03 Dpa Raccordi AT 150 kV**", e a seguito di verifica puntuale l'Area di prima approssimazione coincidente con l'area in cui il campo di induzione magnetica  $B > 3 \mu\text{T}$ , non interessa edifici abitati in cui è prevista la presenza di persone per più di 4 ore continuative. Pertanto è assicurata la compatibilità elettromagnetica dell'opera.

## **14.RUMORE**

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto a 150 kV in esercizio è dovuta essenzialmente a un fenomeno fisico: il vento. Esso, se particolarmente intenso, può provocare il “fischio” dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità.

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. marzo 1991, e alla Legge quadro sull’inquinamento acustico (Legge n. 447 del 26/10/1995).

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.

## **15.INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE**

Si veda relazione geologica preliminare allegata.

