

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

REALIZZAZIONE DEL POTENZIAMENTO DELLE LINEE 132 kV

BONDENO – FERRARA CASSANA

FERRARA CASSANA – FERRARA ZI

00	25/07/2025	Prima emissione	GZ	RM	RC
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

"Il presente documento è di proprietà di Grid Shape s.r.l. – via Quattro Novembre, 2 – 35123 Padova (Italia). Tutti i diritti su questo documento, sulle immagini, sui disegni e sui testi sono riservati. È severamente vietato cedere, copiare, utilizzare e/o divulgare il presente documento e/o il suo contenuto a terzi. I trasgressori verranno perseguiti"

Indice

1	PREMESSA	4
1.1	Oggetto.....	4
1.2	Motivazioni dell’opera	4
1.3	Comuni interessati	5
2	DATI GENERALI DI PROGETTO	6
2.1	Scenari di intervento.....	6
2.1.1	Soluzione 1.....	7
2.1.2	Soluzione 2.....	7
2.2	Ubicazione dell’intervento e opere attraversate.....	7
2.3	Descrizione dell’opera.....	7
2.3.1	Soluzione 1.....	8
2.3.2	Soluzione 2.....	8
2.4	Vincoli.....	9
2.4.1	Soluzione 1.....	9
2.4.2	Soluzione 2.....	9
3	TRATTA CP BONDENO – CP FERRARA CASSANA.....	9
4	TRATTA CP FERRARA CASSANA – CP FERRARA ZI	10
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL’OPERA	10
5.1	Conduttori allo stato di fatto.....	11
5.2	Conduttori futuri	11
5.2.1	Soluzione 1.....	11
5.2.2	Soluzione 2.....	11
5.3	Stato di tensione meccanica	11
5.4	Capacità di trasporto.....	12
5.5	Morsettiera ed armamenti	13
5.6	Sostegni.....	13
5.7	Isolamento	14
5.7.1	Caratteristiche geometriche	14
5.7.2	Caratteristiche elettriche	15

5.8	Fondazioni	18
5.9	Messa a terra dei sostegni	19
6	TERRE E ROCCE DA SCAVO	19
7	CAMPI ELETTRROMAGNETICI.....	20
7.1.1	Soluzione 1.....	20
7.1.2	Soluzione 2.....	20
8	RUMORE.....	20
9	AREE IMPEGNATE LINEA AEREA AT	21
10	SICUREZZA CANTIERI	21
11	CRONOLOGICO	22
12	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	23

1 PREMESSA

1.1 Oggetto

Il presente documento descrive in maniera dettagliata le caratteristiche tecniche e le opere necessarie a potenziare le direttrici esistenti a 132 kV “CP Bondeno – CP Ferrara Cassana” e “CP Ferrara Cassana – CP Ferrara ZI”, onde consentire il transito su suddette linee di una corrente pari ad almeno 700 A nel periodo caldo.

Le nuove configurazioni tecniche delle linee da potenziare sono stabilite in conformità alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), codice pratica 202405416.

L’attività in oggetto verrà realizzata nell’ambito del progetto di connessione a 36 kV dell’impianto agrovoltaiico della società Delta Gemini Srl alla futura Stazione Elettrica RTN 132/36 kV Bondeno (CP 202405416).

In particolare, alla futura SE 132/36 kV Bondeno verranno ricollegate le linee RTN a 132 kV “Finale Emilia – Bondeno”, “CP Bondeno – CP Ferrara Cassana” e “Bondeno – Palantone con deriv. Pilastresi All.”, oggi afferenti alla Cabina Primaria di Bondeno, previo:

- potenziamento/rifacimento delle direttrici RTN a 132 kV “Bondeno – Finale Emilia - Massa Finalese - Mirandola”, “Bondeno-Ferrara Cassana-Ferrara ZI”;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 132 kV tra la nuova SE suddetta e la futura sezione a 132 kV dell’esistente SE RTN a 380 kV denominata “Ferrara Nord”, prevista dall’intervento 318-P del Piano di Sviluppo Terna;
- realizzazione dell’intervento 318-P del Piano di Sviluppo Terna.

Le opere sopra elencate consentiranno di connettere l’impianto agrovoltaiico della potenza in immissione di 64,2 MW in capo alla proponente Delta Gemini Srl alla rete RTN. Di seguito sono definite le caratteristiche degli impianti.

1.2 Motivazioni dell’opera

L’opera è necessaria per trasferire l’energia prodotta da un parco agrovoltaiico della società Delta Gemini Srl, sita nel comune di Terre del Reno (FE), alla Rete di Trasmissione Nazionale.

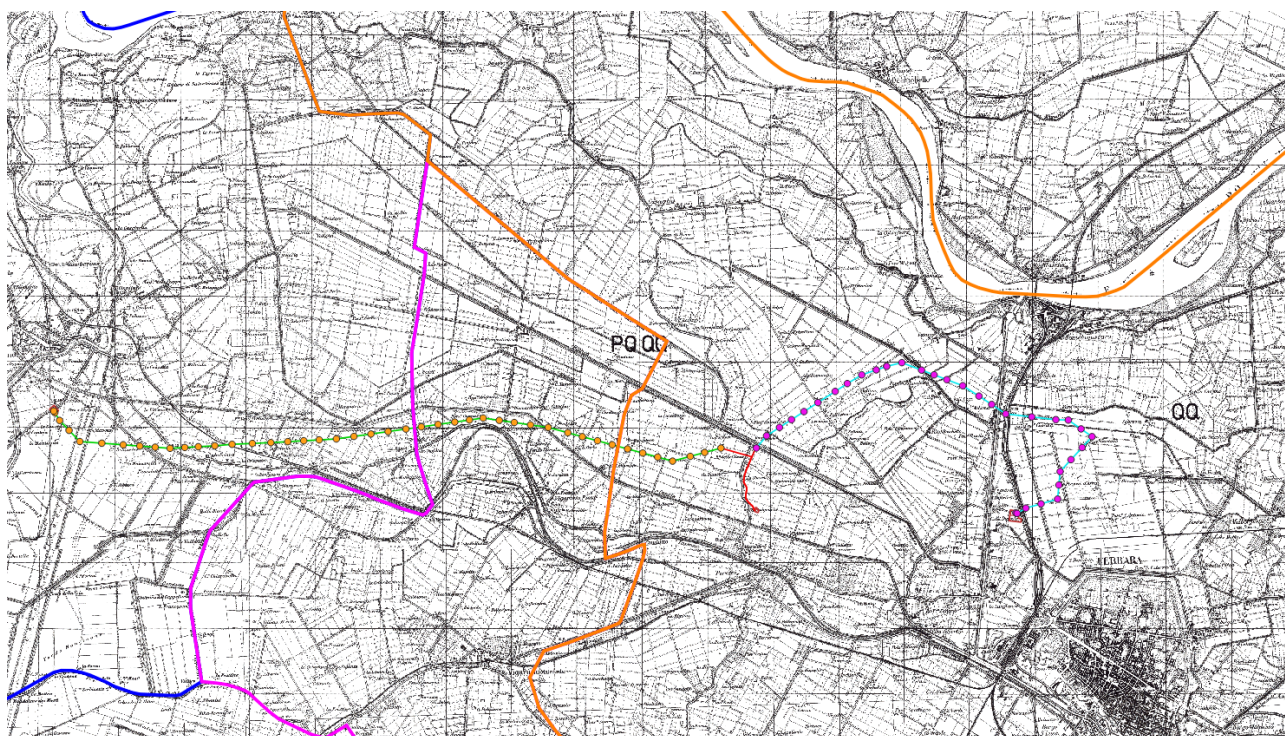


Figura 1: Inquadramento dell'area su IGM con evidenziazione dei confini comunali.

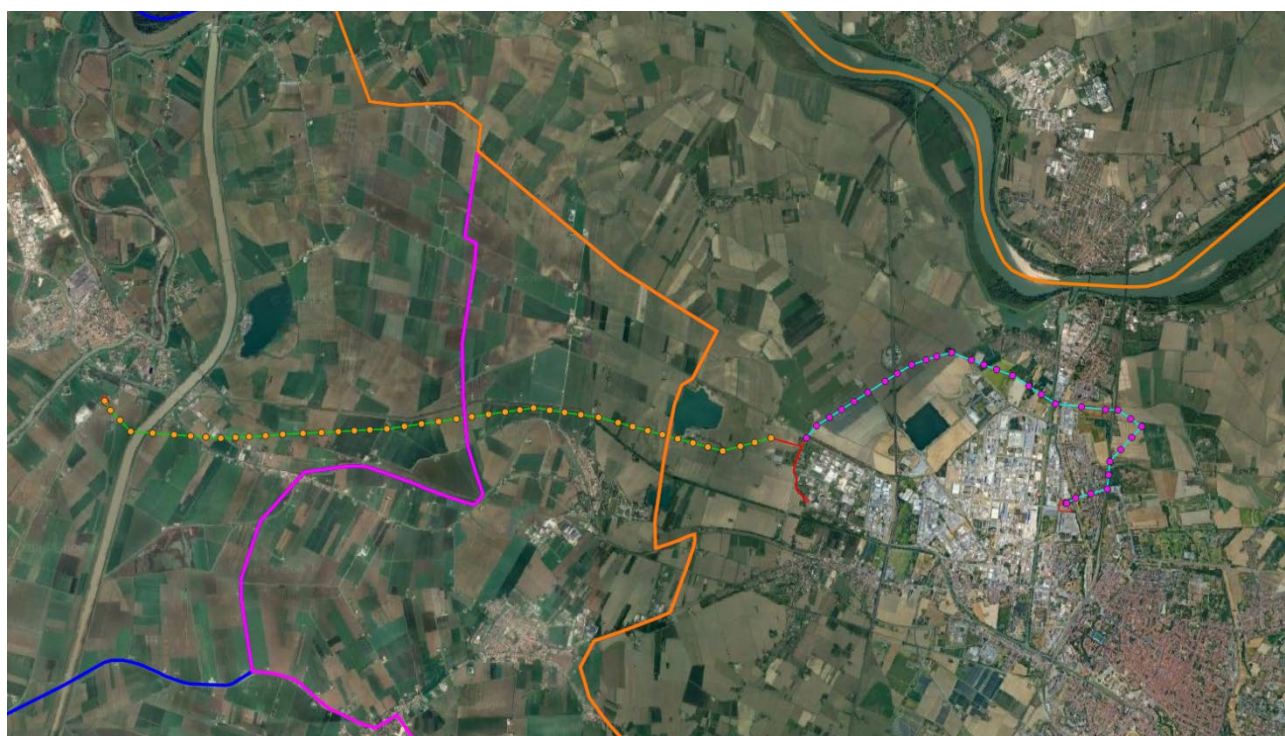


Figura 2: Inquadramento dell'area su ortofoto con evidenziazione dei confini comunali.

1.3 Comuni interessati

Le opere da realizzare, oggetto della presente Relazione Illustrativa, interessano i comuni di BONDENO, VIGARANO MAINARDA e FERRARA, tutti all'interno della provincia di Ferrara, regione Emilia-Romagna.

2 DATI GENERALI DI PROGETTO

2.1 Scenari di intervento

Nel definire l'intervento di adeguamento della linea, è stata inizialmente valutata la possibilità di conseguire la portata richiesta intervenendo esclusivamente tramite il rialzo dei sostegni esistenti. Tuttavia, l'analisi condotta secondo i criteri indicati dalla norma CEI 11-60, paragrafi 3.1.2, 3.3.3, ha evidenziato che tale soluzione non risulta sufficiente a garantire il raggiungimento del target di portata previsto.

Tabella 1: Portate di corrente di conduttore allo stato di fatto (All-Acc 22,80 mm).

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132	412	576	380	444

In presenza di franchi maggiori di quelli minimi previsti nella norma CEI 11-4, le portate in corrente possono essere incrementate mediante il fattore:

$$k_f = 1 + L * e$$

Dove:

- e (in metri) rappresenta l'extra-franco adottato nella linea considerata
- L è un coefficiente dato nella tabella seguente.

Tabella 2: Tabella 4 norma CEI 11-60.

Periodo stagionale	Coefficiente L (m ⁻¹)	
	Zona A	Zona B
Periodo C	0,17	0,16
Periodo F	0,13	0,14

Al fine di contenere possibili problemi di invecchiamento di conduttori, giunti e morse terminali, nella suddetta formula i valori e di extra-franco non possono essere maggiori di 1,8 m per la zona A e di 3,2 m per la zona B.

Le linee in oggetto rientrano all'interno della Zona B, per cui si potrebbe ottenere un coefficiente k_f pari a 1,512. Tuttavia, da paragrafo 3.3 della norma CEI 11-60, si evince che il coefficiente risultante non può comunque eccedere il valore 1,3 in zona A e 1,5 in zona B.

Applicando, quindi, tale coefficiente moltiplicativo alle portate di corrente del conduttore allo stato di fatto, si ottengono i valori riportati in tabella 3. In particolare, si evidenzia il non raggiungimento del target previsto, 700 A nel periodo estivo, mediante il solo impiego di franchi maggiorati.

Tabella 3: Portate di corrente di conduttore allo stato di fatto nel caso di franchi maggiorati (All-Acc 22,80 mm).

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132	618	864	570	666

Per tale motivo, per il progetto del potenziamento delle direttrici esistenti “BONDENO-FERRARA CASSANA” e “FERRARA CASSANA-FERRARA ZI”, si può optare per due soluzioni.

2.1.1 Soluzione 1

Sostituzione del conduttore esistenti con conduttori speciali aventi caratteristiche di portata superiore a quella in esercizio, mantenendo i sostegni esistenti.

Questa soluzione prevede l’installazione di un nuovo conduttore sugli attuali sostegni, realizzati prevalentemente negli anni ’60 e ’70. Considerato che tali sostegni potrebbero avere caratteristiche meccaniche diverse da quelle della serie unificata Terna attualmente in uso, il loro riutilizzo dovrà essere valutato sulla base dei diagrammi di utilizzo dell’epoca. Si richiede pertanto a Terna la disponibilità di tali diagrammi, nonché la disponibilità a valutare questa opzione progettuale al fine di eseguire tutte le necessarie verifiche meccaniche;

2.1.2 Soluzione 2

Completa rimozione di sostegni e conduttore, con nuova palificazione.

Questa soluzione prevede la demolizione dell’infrastruttura esistente e la realizzazione di una nuova linea in affiancamento (DPA da verificare in fase successiva allo studio di fattibilità), con l’impiego di un conduttore All-Acc da 31,5 mm². L’intervento sarà sviluppato totalmente in extra franco per garantire l’ottenimento della portata target in rispetto dei metodi di calcolo della norma CEI 11-60.

2.2 Ubicazione dell’intervento e opere attraversate

Il progetto prevede il potenziamento delle direttrici dell’elettrodotto esistente ed è stato studiato in armonia con quanto dettato dall’art. 121 del T.U. 11/12/1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti.

Nelle scelte delle soluzioni è stata considerata la presenza dei vincoli esistenti, che esprimono situazioni di tutela riferite a precise emergenze territoriali, paesaggistiche e ambientali.

Il tracciato si sviluppa prevalentemente su aree di uso agricolo.

L’elenco delle opere attraversate è riportato nell’elaborato 1024-PRF-R08-00.

2.3 Descrizione dell’opera

Il tracciato della direttrice esistente a 132 kV “CP Bondeno – CP Ferrara Cassana” da potenziare della presente Relazione inizia come elettrodotto aereo dalla CP BONDENO e arriva fino al sostegno 23720C1-053-----C. Da tale sostegno, ha luogo un interramento in cavo dell’elettrodotto fino alla CP FERRARA CASSANA.

Il tracciato della direttrice esistente “CP Ferrara Cassana – CP Ferrara ZI” da potenziare inizia dalla CP FERRARA CASSANA, dalla quale parte l’elettrodotto in cavo e raggiunge il sostegno 23829A1-051-----S, da cui ha inizio l’elettrodotto aereo. Da tale sostegno, l’elettrodotto termina nella CP FERRARA ZI.

La soluzione tecnica prevista per la realizzazione del potenziamento è scaturita da una attenta e puntuale verifica del territorio circostante, i cui fattori principali sono stati i seguenti:

- evitare l’interferenza con aree adibite a insediamenti urbanistici, aree gioco, ambienti scolastici ecc.;
- evitare l’interferenza con aree protette o sottoposte a vincoli particolari quali zone di pregio naturalistico, paesaggistico ed archeologico;
- evitare qualsiasi contrasto con gli strumenti urbanistici adottati dai comuni attraversati, con particolare riferimento alle aree destinate da eventuali future trasformazioni;
- riutilizzo di “corridoi” che siano meno pregiudizievoli dal punto di vista dell’inserimento paesaggistico dell’opera elettrica;
- ottimizzare i collegamenti elettrici utilizzando il tracciato esistente salvaguardando nello stesso tempo eventuali presenze di zone antropizzate;
- minimizzare l’impatto ambientale e le interferenze.

In totale la linea da potenziare avrà una lunghezza pari a circa 18,1 km.

2.3.1 Soluzione 1

La principale soluzione prevede la sostituzione dei conduttori esistenti con nuovi conduttori speciali aventi le seguenti caratteristiche:

Tabella 4: Portate di corrente di conduttore Soluzione 1 (ZTAL-ACI 22.75 mm).

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132	1073	1135	975	908

2.3.2 Soluzione 2

Questa soluzione prevede la demolizione dell’infrastruttura esistente e la realizzazione di una nuova linea in affiancamento, con l’impiego di un conduttore All-Acc da 31,5 mm².

Tabella 5: Portate conduttore di riferimento - CEI 11-60

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132-150	620	870	575	675

Tabella 6: Portata di corrente di conduttore Soluzione 2 in extra franco ($k_f = 1,5$)

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132-150	930	1305	862,5	1012,5

2.4 Vincoli

Le opere da realizzare, oggetto della presente Relazione Illustrativa, interessano i comuni di BONDENO, VIGARANO MAINARDA e FERRARA, tutti all'interno della provincia di Ferrara, regione Emilia-Romagna.

2.4.1 Soluzione 1

La sola parte delle opere ad incidere sulla componente paesaggio è chiaramente quella fuori terra, tra l'altro già esistente, che prevede la sola sostituzione del conduttore senza modifica del tracciato o dei sostegni esistenti.

Le opere si collocano in aree prettamente agricole, e comunque distanti dai centri storici. Dalla lettura della carta dei vincoli è emerso che le diverse zone di intervento interessano aree ad eterogenee connotazioni.

2.4.2 Soluzione 2

Le opere che incidono sulla componente paesaggistica sono costituite dall'installazione dei nuovi sostegni, da prevedere parallelamente alla linea esistente, e dei nuovi conduttori. In questo caso, il tracciato definitivo sarà definito in accordo con Terna, tenendo conto dei vincoli territoriali e ambientali locali.

3 TRATTA CP BONDENO – CP FERRARA CASSANA

Nella tabella seguente il riepilogo degli interventi di realizzazione suddivisi per tipologia e Comuni interessati:

Tabella 7: Stato di fatto tratta Bondeno - Ferrara Cassana

Comune	Lunghezza linea aerea esistente da potenziare [km]	Numero sostegni interessati
Bondeno (FE)	5,7	24
Vigarano Mainarda (FE)	3,2	13
Ferrara (FE)	1,6	7
TOTALI	10,5	44

Con la costruzione della nuova SE Bondeno 132/36 kV, i sostegni esistenti:

- 23720C1-093-----S
- 23720C1-094-----S
- 23720C1-095-----S

- 23720C1-096-BON—S

non competeranno più alla linea 132kV Bondeno – Ferrara Cassana, in quanto verranno demoliti o riutilizzati per i raccordi 132 kV con la CP Bondeno esistente.

Quindi, la tabella precedente deve essere corretta come segue:

Tabella 8: Riepilogo interventi tratta Bondeno - Ferrara Cassana

Comune	Lunghezza linea aerea esistente da potenziare [km]	Numero sostegni interessati
Bondeno (FE)	5,2	20
Vigarano Mainarda (FE)	3,2	13
Ferrara (FE)	1,6	7
TOTALI	10,0	40

I sostegni sono del tipo a singola terna. Nel caso della Soluzione 1, il nuovo conduttore sarà posato utilizzando i sostegni esistenti, salvo diversa valutazione puntuale che renda necessario l'innalzamento di alcuni di essi per garantire il rispetto dei vincoli relativi alle Distanze di Prima Approssimazione (DPA).

4 TRATTA CP FERRARA CASSANA – CP FERRARA ZI

Nella tabella seguente il riepilogo degli interventi di realizzazione suddivisi per tipologia e Comuni interessati:

Tabella 9: Riepilogo interventi tratta Ferrara Cassana - Ferrara ZI

Comune	Lunghezza linea aerea esistente da potenziare [km]	Numero sostegni interessati
Ferrara (FE)	7,6	33
TOTALI	7,6	33

Gli ultimi 9 sostegni in arrivo in CP Ferrara ZI sono del tipo a doppia terna; i restanti sono del tipo a singola terna. Nel caso della Soluzione 1, il nuovo conduttore sarà posato utilizzando i sostegni esistenti, salvo diversa valutazione puntuale che renda necessario l'innalzamento di alcuni di essi per garantire il rispetto dei vincoli relativi alle Distanze di Prima Approssimazione (DPA).

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

L'elettrodotto esistente è costituito da una palificazione a semplice terna armata con tre fasi ciascuna composta da un conduttore di energia e una corda di guardia, come meglio illustrato di seguito (eccezion fatta per gli ultimi 9 sostegni in arrivo in CP Ferrara ZI che sono, invece, del tipo a doppia terna).

5.1 Conduttori allo stato di fatto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto esistente sono le seguenti:

Conduttore	1x22.8 mm (307.7 mm ²) AL-AC
Fune di guardia	ACCIAIO Ø 11,5 mm (78,94 mm ²)
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Corrente nominale zona B	380 A

La portata in corrente in servizio normale del conduttore è conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 132 kV in zona B.

5.2 Conduttori futuri

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da 1 nuovo conduttore (singolo).

5.2.1 Soluzione 1

Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di lega di alluminio (ZTAL) ricoperta da una lega di Fe-Ni rivestita da alluminio (ACI) della sezione complessiva di 306,94 mm², composta da n. 30 fili di ZTAL del diametro 3,25 mm e da n. 7 fili di ACI del diametro di 3,25 mm, con un diametro complessivo di 22,75 mm (tavola UX LC17). Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 9872 daN.

Conduttore	1x22.75 mm (306.94 mm ²) ZTAL-ACI
Fune di guardia	ACCIAIO Ø 10,5 mm (65.81 mm ²) 48 F.O.
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Corrente nominale - periodo C - zona B	975A

5.2.2 Soluzione 2

Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,30 mm² composta da 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,5 mm. Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16.852 daN.

Conduttore	1x31.50 mm (585.30 mm ²) AL-AC
Fune di guardia	ACCIAIO Ø 10,5 mm (65.81 mm ²) 48 F.O.
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Corrente nominale - periodo C - zona B	862,5A

5.3 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 linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in

assenza di sovraccarichi (EDS “every day stress”). Ciò assicura un’uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni. Nelle altre condizioni o “stati” 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 disposizione geografica.

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;
- **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;
- **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.

Nel seguente prospetto sono riportati i valori dei tiri in EDS per i conduttori, in valore percentuale rispetto al carico di rottura:

- **ZONA A** EDS=21% per i conduttori speciali KTAL e ZTAL;
- **ZONA B** EDS=18% per i conduttori speciali KTAL e ZTAL.

La direttrice ricade progettualmente in “ZONA B”.

5.4 Capacità di trasporto

La capacità di trasporto dell’elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore in oggetto non corrisponde al “conduttore standard” preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldi e freddi.

Tabella 10: Portate conduttore di riferimento - CEI 11-60.

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132-150	620	870	575	675

Per il conduttore ZTAL 22.75 mm si hanno i valori di portata inseriti nella tabella di seguito riportata.

Tabella 11: Portate di corrente di conduttore di progetto (ZTAL-ACI 22.75 mm).

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132	1073	1135	975	908

Per il conduttore ALL-ACC 31.50mm si hanno i valori di portata inseriti nella tabella di seguito riportata.

Tabella 12: Portata di corrente di conduttore Soluzione 2 in extra franco ($k_f=1,5$)

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132-150	930	1305	862,5	1012,5

5.5 Morsettieria ed armamenti

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.

Gli elementi di morsetteria esistenti risultano già idonei per l'utilizzo del nuovo conduttore ZTAL 22,75 mm, nel caso della Soluzione 1.

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

5.6 Sostegni

I sostegni sono del tipo a semplice o doppia terna a tiro pieno di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, del tipo tronco piramidale, 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 saranno eseguiti conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B". Essi 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, si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da 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.

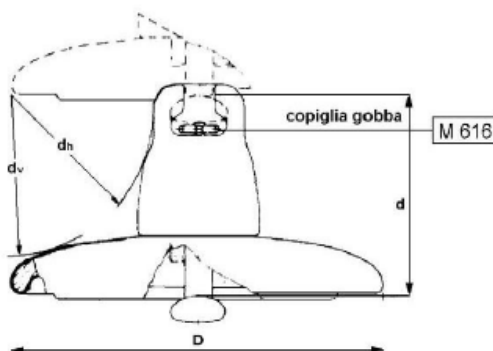
I tipi di sostegno, con riferimento solamente ai nuovi pali che verranno realizzati, saranno scelti in base al conduttore utilizzato, alla lunghezza della campata, all'angolo di deviazione ed alla costante altimetrica. Partendo da tali dati, si calcolano le forze (azione trasversale ed azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento. Successivamente, con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata, si vanno a determinare i valori di angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K) che determinano azioni di pari intensità. In ragione di tali criteri, all'aumentare della campata diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno. Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, il promotore si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

5.7 Isolamento

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 132 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 come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo. 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.

5.7.1 Caratteristiche geometriche

Nelle tabelle LJ1 e LJ2 allegate sono riportate 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.



TIPO		1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
Carico di Rottura (kN)		70	120	160	210	400	300
Diametro Nominale Parte Isolante (mm)		255	255	280	280	360	320
Passo (mm)		146	146	146	170	205	195
Accoppiamento CEI 36-10 (grandezza)		16	16	20	20	28	24
Linea di Fuga Nominale Minima (mm)		295	295	315	370	525	425
Dh Nominale Minimo (mm)		85	85	85	95	115	100
Dv Nominale Minimo (mm)		102	102	102	114	150	140
Condizioni di Prova in Nebbia Salina	Numero di Isolatori Costituenti la Catena	9	13	21	18	15	16
	Tensione (kV)	98	142	243	243	243	243
Salinità di Tenuta (**) (kg/ m³)		14	14	14	14	14	14
Matricola SAP.		1004120	1004122	1004124	1004126	1004128	01012241

(**) La salinità di tenuta, verificata su una catena, viene convenzionalmente assunta come caratteristica propria del tipo di elemento isolante.

5.7.2 Caratteristiche elettriche

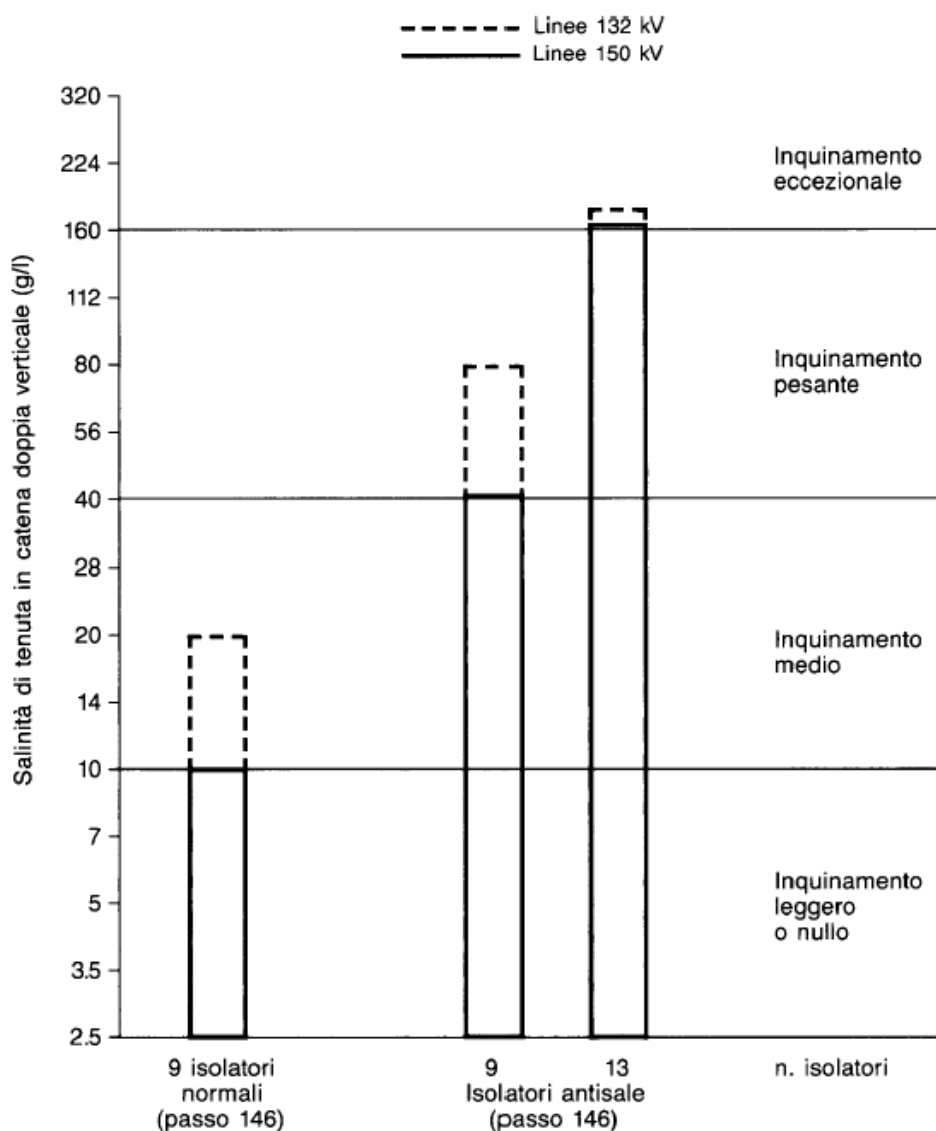
Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

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/m²)
I – Nullo o leggero (1)	- 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	Zone con industrie non particolarmente inquinanti	40

	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)	
III – Pesante	• 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	• 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 e da 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 132 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 inquinamento "eccezionale" si dovrà ricorrere a soluzioni particolari quali lavaggi periodici, ingrassaggi, ecc.

5.8 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.

Nei sostegni la fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. La fondazione è del tipo "Unificato TERNA", utilizzabile su terreni normali, di buona o media consistenza.

Le fondazioni unificate per i sostegni tronco piramidali della serie 132 kV semplice 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:

- 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.

Dal punto di vista del calcolo dimensionale è stata seguita la normativa di riferimento per le opere in cemento armato di seguito elencata:

- D.M. 9 gennaio 1996, "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 14 febbraio 1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare Ministero LL.PP. 14 Febbraio 1974 n.11951: Applicazione delle norme sul cemento armato L. 5/11/71 n. 1086;

- Circolare Min. LL.PP. 4 Luglio 1996 n.156 AA.GG./STC.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.

Sono inoltre osservate le 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. I sostegni utilizzati sono tuttavia stati verificati anche secondo le disposizioni date dal D.M. 9/01/96 (Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche).

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.

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 6 tipologie, adatti ad ogni tipo di terreno.

6 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il 6 ottobre 2012 è entrato in vigore il D.M. 10 agosto 2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" che definisce criteri per la gestione delle terre e rocce da scavo con il fine di migliorare l'uso delle risorse naturali e prevenire, nel rispetto dell'articolo 179, comma 1, del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, la produzione di rifiuti. Il decreto è stato aggiornato con DM n.120 del 13 giugno 2017 (pubblicato su G.U del 7-8-2017). Il Regolamento stabilisce, sulla base delle condizioni previste al comma 1, dell'articolo 184 -bis del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, i criteri qualitativi da soddisfare affinché i materiali di scavo, siano considerati sottoprodotti e non rifiuti (ai sensi Dell'articolo 183, comma 1, lettera qq) del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni), nonché le disposizioni comuni ad esso applicabile. Il regolamento stabilisce inoltre, le procedure e le modalità affinché la gestione e l'utilizzo dei materiali da scavo avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

7 CAMPI ELETTROMAGNETICI

7.1.1 Soluzione 1

Utilizzando prevalentemente il tracciato e la palificata esistente, come si evince dalle planimetrie su mappa catastale elaborati:

- **1024-PRF-D05-00 - Planimetria catastale distanze prima approssimazione**

i tratti di elettrodotto da potenziare restano prevalentemente distanti da zone urbanizzate o di potenziale urbanizzazione.

Come riportato nel documento **1024-PRF-R03-00 Relazione campi magnetici ed elettrici**, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- lungo il percorso esistente delle direttrici 132kV “CP Bondeno – CP Ferrara Cassana” e “CP Ferrara Cassana – CP Ferrara ZI” sono presenti casi di immobili all’interno delle fasce di rispetto DPA calcolate;
- si sono individuati dei possibili recettori rientranti nella DPA, ma risolvibili con l’innalzamento dei sostegni più prossimi agli stessi o interramento in cavo del tratto aereo di interesse.

Alla luce di quanto sopra esposto, si evidenzia che il rispetto dei limiti previsti dalla Legge 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003 in materia di tutela della popolazione dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici dovrà essere verificato in funzione della configurazione progettuale che sarà definita da Terna.

Si resta in attesa di un riscontro da parte di Terna per individuare quale delle soluzioni progettuali adottare.

7.1.2 Soluzione 2

Alla luce di quanto sopra esposto, si evidenzia che, pur mantenendo invariata la corrente di esercizio di progetto, il rispetto dei limiti previsti dalla Legge 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003 in materia di tutela della popolazione dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici dovrà essere verificato in relazione alla nuova configurazione delle palificazioni, con particolare attenzione all’individuazione di eventuali ricettori sensibili presenti in prossimità del nuovo tracciato.

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 pari 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. marzo 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 AREE IMPEGNATE LINEA AEREA AT

In merito all'attraversamento di aree da parte degli elettrodotti, si possono individuare, con riferimento al Testo Unico 327/01, le aree impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto che sono pari a:

- 16 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132 kV.

Il vincolo preordinato all'esproprio sarà apposto per le tratte in variante sulle "aree potenzialmente impegnate" (previste dalla L. 239/04) che equivalgono alle "zone di rispetto" di cui all'articolo 52 quater, comma 6, del Decreto Legislativo 27 dicembre 2004, n. 330, all'interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell'elettrodotto senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni. L'estensione dell'area potenzialmente impegnata sarà di:

- 30 m dall'asse linea per lato per elettrodotti aerei a 132 kV in semplice terna.

Le planimetrie catastali, come evidenziato nei documenti allegati, riportano il tracciato dell'elettrodotto da potenziare con il posizionamento preliminare delle aree potenzialmente impegnate sulle quali sarà apposto il vincolo preordinato all'imposizione della servitù di elettrodotto, nel caso della Soluzione 1 (anche se ricalca quella già esistente a causa dell'elettrodotto ante operam).

In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate dalla stessa (asservimento), con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'imposizione della servitù di elettrodotto.

10 SICUREZZA CANTIERI

I lavori si svolgeranno nel rispetto della normativa e del D. Lgs. 81/08. Pertanto, in fase di progettazione, si provvederà a nominare le figure professionali occorrenti e abilitate ai sensi della predetta normativa per il rispetto della sicurezza e farà redigere il Piano di Sicurezza e Coordinamento. Successivamente, in fase di realizzazione dell'opera, sarà nominato 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 Coordinamento.

11 CRONOLOGICO

I tempi di realizzazione del ripotenziamento della tratta di elettrodotto CP BONDENO - CP FERRARA ZI, sono stimati in 26 mesi.

In ogni caso, in considerazione dell'urgenza e dell'importanza dell'opera, saranno intraprese tutte le azioni volte ad anticipare il più possibile il completamento dell'impianto e la conseguente messa in servizio.

12 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si farà sempre riferimento all'ultima versione in vigore delle direttive e delle norme CEI, EN, IEC, IEEE, CENELEC, UL, UNI, ISO, ecc. applicabili con le relative integrazioni o variazioni.

Di seguito è riportato un elenco non esaustivo di standard e documenti applicabili:

- *Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";*
- *Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;*
- *Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";*
- *DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";*
- *Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";*
- *DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;*
- *Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;*
- *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";*
- *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";*
- *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;*
- *Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";*
- *Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";*
- *Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";*
- *Decreto Interministeriale del 05/08/1998 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";*
- *D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;*
- *CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;*
- *D.lgs. n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;*

- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14 settembre 2005 n. 159 "Norme tecniche per le costruzioni". Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». D. M. 17 gennaio 2018;
- C.N.R. 10012/85 "Istruzioni relative ai carichi e sovraccarichi ed ai criteri generali di sicurezza delle costruzioni";
- UNI 9858/91 "Calcestruzzo: prestazione, produzione, posa in opera e criteri di conformità";
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/4/1985 Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- D.M. del 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- 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;
- 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 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 11-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", nona edizione, 1999-01;
- CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza", ed. prima 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 EN 61936-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a";
- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica – Linee in cavo", terza edizione, 2006-07;
- Unificazione TERNA, "Linee a 132 kV".