

**3E Ingegneria srl**

Via G. Volpe, 92 – PISA

CLIENTE - CUSTOMER



**Fred. Olsen Renewables**

Via Antonio Salandra, 18  
00187 - Roma

TITOLO – TITLE

**POTENZIAMENTO ELETTRODOTTO RTN  
150 kV “SERRAMANNA - VILLACIDRO”  
PTO - PIANO TECNICO DELLE OPERE**

**RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA**



REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	EMESSO-ISSUED	APPROV.	DATE	LINGUA-LANG.	PAG. / TOT.
00	Prima emissione	3E	Fred. Olsen	APR. 23	I	1 / 25
					SIGLA – TAG	
					<b>151.21.01.R.06</b>	

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere			 <b>Fred. Olsen Renewables</b>	
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>2/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## S O M M A R I O

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>COMUNI INTERESSATI.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ELENCO OPERE ATTRAVERSATE .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>9</b>
6.1	VINCOLI.....	9
<b>7</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO .....</b>	<b>11</b>
8.1	DISTANZA TRA I SOSTEGNI .....	11
8.2	CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA .....	11
8.2.1	Stato di tensione meccanica .....	13
8.3	CAPACITÀ DI TRASPORTO .....	13
8.4	SOSTEGNI .....	14
8.5	ISOLAMENTO .....	15
8.5.1	Caratteristiche geometriche .....	16
8.5.2	Caratteristiche elettriche .....	16
8.6	MORSETTERIA ED ARMAMENTI .....	19
8.7	FONDAZIONI.....	19
8.8	MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI.....	20
8.9	RUMORE .....	21
<b>9</b>	<b>SICUREZZA NEI CANTIERI .....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>23</b>
10.1	LEGGI .....	23
10.2	NORME TECNICHE.....	24

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>3/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 1 PREMESSA

La società proponente **Fred Olsen Renewables Italy S.r.l** nell'ambito del proprio piano di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili prevede di realizzare alcuni impianti eolici nell'area di interesse della esistente stazione elettrica (SE) "Serramanna".

Per la connessione del suddetto impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale ("RTN") la stessa società ha inoltrato istanza all'Ente Gestore (TERNA) ottenendo dallo stesso una indicazione della soluzione tecnica minima generale di connessione (STMG). Ai sensi di quest'ultima lo schema di allacciamento alla RTN prevede che il nuovo impianto sia collegato alla RTN, previo potenziamento dell'esistente elettrodotto "Serramanna - Villacidro", affinché esso abbia una portata in corrente almeno equivalente a quella di un elettrodotto equipaggiato con conduttori alluminio-acciaio del diametro di 31,5 mm, che è pari a 870 A nel periodo freddo.

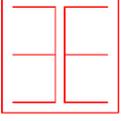
Pertanto essa ha accettato detta soluzione e nell'ambito della procedura prevista dal Regolamento del Gestore per la connessione degli impianti alla RTN ha predisposto il progetto delle opere da realizzare al fine di ottenere il previsto benessere dal Gestore stesso.

Il presente documento fornisce la descrizione generale del progetto definitivo del potenziamento dell'elettrodotto in semplice terna a 150 kV tra la stazione elettrica della RTN (SE) "Serramanna" e la cabina primaria (CP) "Villacidro", del quale vengono fornite le principali caratteristiche.

L'intervento proposto consiste nella sostituzione del conduttore attuale della linea con una ad alta capacità, in lega speciale, che pur mantenendo le stesse caratteristiche meccaniche dell'esistente, garantisce una portata in corrente come quella richiesta. Ciò consente di poter sfruttare, ove tecnicamente possibile ed ambientalmente compatibile, la palificazione attuale senza modificare i sostegni esistenti.

In particolare l'intervento proposto consiste in:

- 1) Sostituzione dei sostegni n.5, n. 14, n. 16, n. 19 e n. 22 attualmente installati con sostegni di equivalente tipologia ma altezza utile maggiore e l'aggiunta del sostegno

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>4/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

n. 25, al fine di rispettare sia il franco verso terra riportato nella norma CEI 11-4, sia l'obiettivo di qualità previsto dalla normativa sui campi elettromagnetici. Più precisamente:

<b>Sostegno n.</b>	<b>Altezza utile attuale (m)</b>	<b>Altezza utile post operam (m)</b>
5	19,7	27
14	20,2	27
16	20	27
19	19,5	30
22	19,8	30
25 (nuovo sostegno)	-	30

- 2) Sostituzione del conduttore attuale, in Alluminio-Acciaio del diametro di 22,8 mm, con uno ad alta capacità, in lega speciale, del tipo ZTAL da 22,75 mm di diametro, che pur mantenendo caratteristiche meccaniche simili all'esistente, garantisce una portata in corrente come quella richiesta dal Gestore. Ciò consente di poter sfruttare, ove tecnicamente possibile ed ambientalmente compatibile, la palificazione attuale senza modificare i sostegni esistenti.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>5/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 2 COMUNI INTERESSATI

L'elettrodotto esistente a 150 kV, della lunghezza complessiva di circa 8,7 km, interessa i Comuni di Serramanna e Villacidro, entrambi nella provincia di Sud Sardegna (SU).

Si veda in proposito anche la "Corografia" allegata.

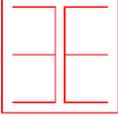
 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>6/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

### 3 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO E OPERE ATTRAVERSATE

Il progetto del potenziamento dell'elettrodotto in oggetto prevede la sostituzione dei conduttori della linea esistente mantenendo inalterato il tracciato, quale risulta dalla Corografia allegata. Tale tracciato, studiato in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n. 1775, è stato ottenuto comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

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

Vista la natura del progetto non si ravvisano ulteriori porzioni di territorio interessate rispetto a quelle già individuate dal progetto originario.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>7/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

#### 4 ELENCO OPERE ATTRAVERSATE

L'elenco delle opere pubbliche attraversate dalla linea, con l'indicazione degli enti competenti e la posizione di ciascuno di essi lungo il tracciato, sono riportati nel documento allegato "Planimetria su CTR con attraversamenti" su base cartografica tecnica regionale.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>8/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 5 CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori per il rifacimento dell'elettrodotto prevede la rimozione dei conduttori attuali, l'installazione dei sostegni lungo il nuovo tracciato e quindi l'armamento di nuovi conduttori di diametro praticamente equivalente. I tempi per la realizzazione di tutte le azioni previste è stimato in circa 8 mesi + 1 mese/km.

In ogni caso, saranno intraprese tutte le azioni volte ad anticipare il più possibile il completamento delle opere e la conseguente messa in servizio.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere			 <b>Fred. Olsen Renewables</b>	
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>9/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 6 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come detto il presente documento fornisce la descrizione generale della consistenza delle opere relative al rifacimento dell'elettrodotto AT a 150 kV in semplice terna "Serramanna - Villacidro".

Con riferimento alla corografia allegata, il tracciato dell'elettrodotto n°917 ha origine dalla SE RTN di Serramanna (SU), a ridosso del confine ovest del comune omonimo, uscendo in direzione nord-ovest ed entrando da subito nel comune di Villacidro (SU).

Come si può rilevare dalla planimetria su ortofoto allegata, il tracciato si sviluppa principalmente su aree agricole e scarsamente antropizzate. In prossimità del sostegno n.9, esso diviene parallelo alla linea AT a 150 kV "Siliqua – Villacidro" con la quale condivide circa 4,8 km di parallelismo, fino al sostegno n.22 della linea oggetto di questo documento.

In corrispondenza del sostegno n.23, la linea si inserisce in un contesto più antropizzato entrando nel centro abitato di Villacidro (SU) e, dopo esser tornata parallela alla suddetta linea a 150 kV "Siliqua – Villacidro", termina il suo percorso nella CP "Villacidro".

### 6.1 VINCOLI

Il tracciato dell'elettrodotto non ricade in zone sottoposte a vincoli aeroportuali.

L'opera non ricade, almeno per la parte di edificazione dei nuovi sostegni, in aree soggette a vincolo di qualunque natura: paesaggistico, idrogeologico, pericolosità di frane, SIC-ZSC e Rete Natura 2000.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>10/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 7 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

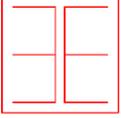
Per quanto riguarda l'elettrodotto aereo esistente, i calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

Il progetto dell'opera attuale è conforme al Progetto Unificato per gli elettrodotti elaborato fin dalla prima metà degli anni '70 a cura della Direzione delle Costruzioni di ENEL, per le tratte più recenti, e allo stesso modo i sostegni di nuova infissione in sostituzione di quelli meccanicamente non idonei.

Per quanto attiene gli elettrodotti, nel Progetto Unificato ENEL, sono inseriti tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

Le tavole grafiche dei componenti impiegati con le loro caratteristiche sono riportate negli allegati alla presente relazione.

L'opera in oggetto è costituita in particolare da una palificazione a semplice terna armata con tre conduttori di energia ZTAL-INVAR Ø 22,75 mm in luogo degli attuali All.-Acc. Ø 22,8 mm, ed una fune di guardia, per tutto il tracciato, le cui caratteristiche rimangono invece invariate.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>11/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 8 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto in seguito al potenziamento sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Potenza nominale	295 MVA
Corrente massima in servizio normale (Conduttore a 180°C)	1135 A

### 8.1 DISTANZA TRA I SOSTEGNI

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; nel caso in oggetto essa è dell'ordine dei 350 m.

### 8.2 CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA

La linea aerea, in semplice terna, sarà equipaggiata, in luogo degli attuali conduttori in corda di alluminio-acciaio dal diametro complessivo pari a 22,8 mm, con conduttori ad alta temperatura ZTAL-INVAR dal diametro complessivo pari a 22,75 mm.

Le caratteristiche tecniche del conduttore sono riportate nella figura sottostante.



3E Ingegneria srl

Potenziamento elettrodotto a 150 kV  
"Serramanna - Villacidro"  
Piano Tecnico delle Opere

 Fred. Olsen Renewables

OGGETTO / SUBJECT

**151.21.01.R.06**

**00**

**Apr. 23**

**12/25**

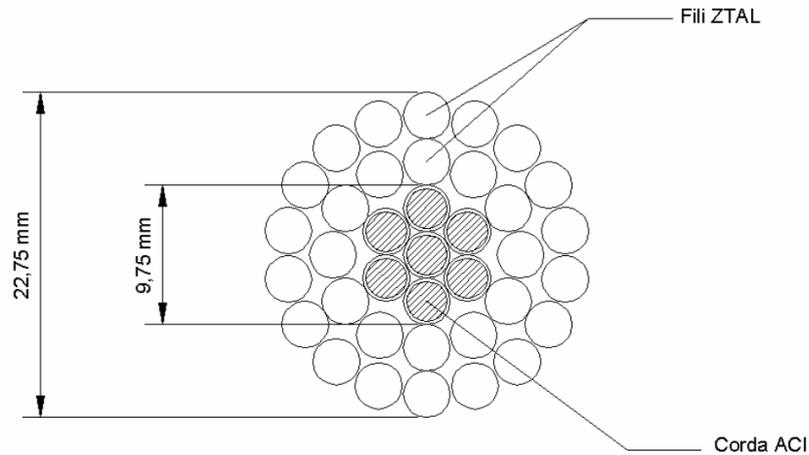
TAG

REV

DATE

PAG / TOT

CLIENTE / CUSTOMER



FORMAZIONE	ZTAL	30 x 3,25	
	ACI	7 x 3,25	
SEZIONI TEORICHE (mm <sup>2</sup> )	ZTAL	248,87	
	ACI	Lega Fe-Ni	43,55
		Alluminio	14,52
	Totale		58,07
Totale		306,94	
MASSA TEORICA (kg/m)		1,083	
RESISTENZA ELETTRICA TEORICA A 20 °C (ohm/km)		0,11068	
CARICO DI ROTTURA (daN)		9258	
TEMPERATURA DI TRANSIZIONE NOMINALE (°C)		112 (*)	
MODULO ELASTICO FINALE (daN/mm <sup>2</sup> )	Corda ACI	14375	
	Intero Conduttore	7990	
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA (**) (1/°C)	Corda ACI	4,8E-6	
	Intero Conduttore	16,8E-6	

(\*) La temperatura di transizione nominale è riferita a un conduttore tesato su una campata di 400 m con un tiro base (EDS a 15°C) pari al 21% del carico di rottura.

(\*\*) Valore massimo nell'intervallo di temperatura 100÷180 °C

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 6,4 m secondo quanto prescritto dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991, per cui si è considerato, cautelativamente, un franco minimo verso terra di 7 m, con riferimento alla temperatura del conduttore di 180°.

L'elettrodotto sarà equipaggiato con una corda di guardia.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>13/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

### 8.2.1 Stato di tensione meccanica

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è 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 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 della variante 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;
- **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.

L'elettrodotto in oggetto si trova in zona A.

Per quanto concerne i nuovi conduttori ad alta temperatura i valori dei tiri in EDS, in valore percentuale rispetto al carico di rottura, sono pari al 22,1%, in tutto simile a quello di progetto della linea attuale (uguale al 21% del carico di rottura del conduttore da 22,8mm): si ottiene infatti un tiro pari a 2046 daN contro l'attuale di 2053 daN.

### 8.3 **CAPACITÀ DI TRASPORTO**

La capacità di trasporto di un elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore di riferimento nelle terne a 150 kV preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60 è il conduttore alluminio-acciaio del diametro complessivo pari a 31,5 mm, per il quale

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>14/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo della Zona A, che risultano pari a 620 A e 870 A rispettivamente.

Tali valori di corrente sono presi a riferimento per definire la portata del conduttore ad alta temperatura utilizzato, in modo che essa sia almeno equivalente al conduttore di riferimento, come richiesto dalla soluzione di connessione rilasciata da TERNA.

Per quanto riguarda il conduttore ZTAL ad alta temperatura, considerando la temperatura massima cui può giungere il conduttore, pari a 180°C, si ottiene un valore di corrente al limite termico di 1135 A (la norma CEI 11-60 non definisce la portata al limite termico di questo tipo di conduttore), che è ben superiore alla portata del conduttore di riferimento: per i calcoli dei campi magnetici indotti si farà riferimento a questa corrente, mentre i franchi di linea saranno verificati con la temperatura ad essa corrispondente, pari a 180 °C.

Si fa presente che la portata in corrente massima dell'attuale conduttore in opera (22,8 mm di diametro) secondo la Norma CEI 11-60 è pari a 570 A in zona A.

#### **8.4 SOSTEGNI**

I sostegni utilizzati rimarranno gli stessi della soluzione attuale ad eccezione di n. 5 sostegni che saranno sostituiti con equivalenti di altezza maggiore, a causa della violazione dei franchi verso terra o dei campi elettromagnetici che interessano i recettori critici (si veda la relazione apposita). Essi, in configurazione semplice terna, hanno le fasi disposte a triangolo (tavola allegata). I sostegni, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, sono in 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, è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego in zona "A" e in zona "B".

Essi hanno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà per quanto possibile inferiore a 50 m.

I sostegni sono tutti provvisti di difese parasalita.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>15/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Ciascun sostegno si può, in generale, considerare composto dai piedi, dalla base, dal 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. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde 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.

Ciascun elettrodotto aereo in alta tensione è realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate "altezze utili" (di norma variabili da 15 a 42 m).

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media  $C_m$ ), trasversali (angolo di deviazione  $\delta$ ) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio.

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

## 8.5 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, 120 e 160 kN, connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi negli amarri e nelle sospensioni.

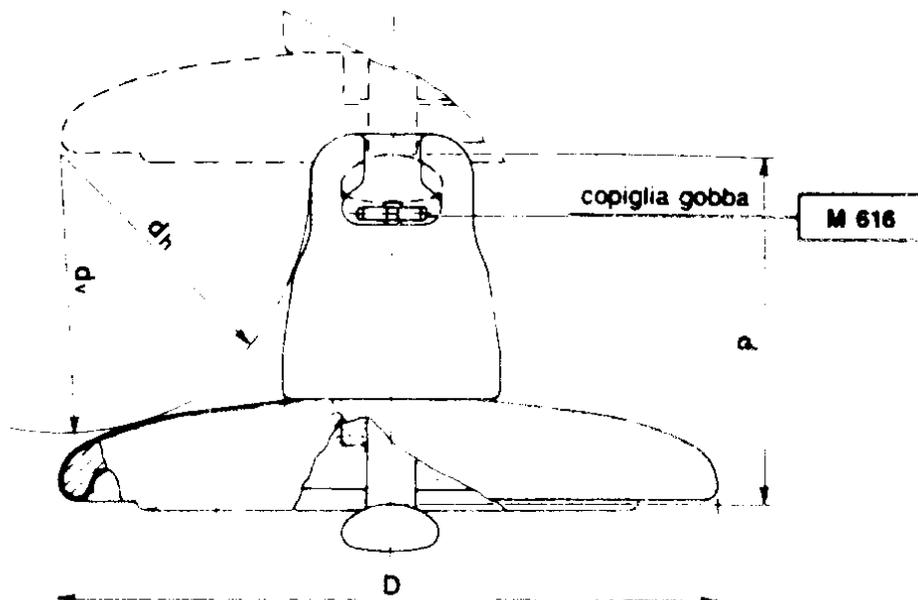
 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>16/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Le catene di sospensione saranno del tipo a I (semplici o doppie per ciascuno dei rami). Laddove necessario i sostegni (sia esistenti sia nuovi) potranno essere dotati di isolatori con catene a V isolanti in luogo delle catene tradizionali ad "I", per consentire il rispetto delle norme relative ai cem indotti dalla linea, grazie all'avvicinamento dei conduttori di fase.

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

### 8.5.1 Caratteristiche geometriche

Nel disegno allegato 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.



### 8.5.2 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 allegate sono riportate, per ciascun tipo di

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>17/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

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.

Nel grafico che segue viene 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 SALINITÀ DI TENUTA (Kg/m <sup>3</sup> )
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 ed 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>— Zona ad alta densità di industrie e/od 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>	(*)

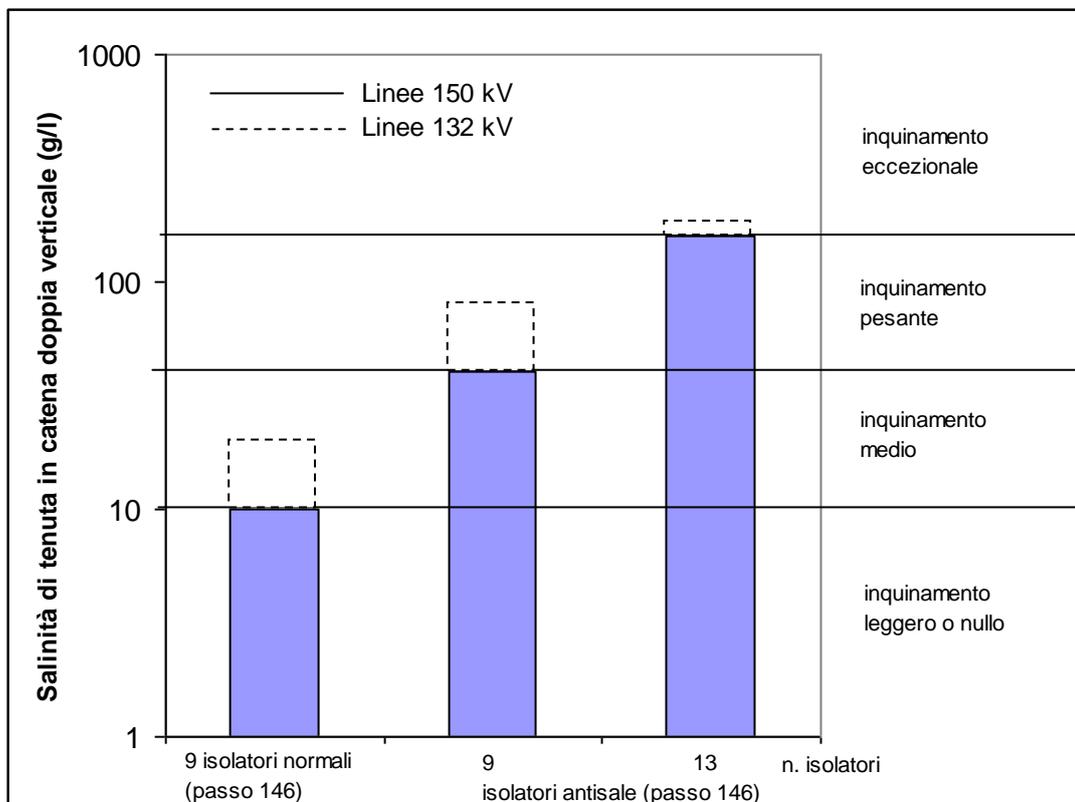
(1) Nelle zone con inquinamento nullo o leggero una prestazione dell'isolamento inferiore a quella indicata può essere utilizzata in funzione dell'esperienza acquisita in servizio.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>18/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

(2) Alcune pratiche agricole quali la fertirrigazione o la combustione dei residui, possono produrre un incremento del livello di inquinamento a causa della dispersione via vento delle particelle inquinanti

(3) Le distanze dal mare sono strettamente legate alle caratteristiche topografiche della zona ed alle condizioni di vento più severe

(4) (\*) Per tale livello di inquinamento non viene dato un livello di salinità di tenuta, in quanto risulterebbe più elevato del massimo valore ottenibile in prove di salinità in laboratorio. Si rammenta inoltre che l'utilizzo di catene di isolatori antisale di lunghezze superiori a quelle indicate nelle tabelle di unificazione (criteri per la scelta del numero e del tipo degli isolatori) implicherebbe una linea di fuga specifica superiore a 33 mm/kV fase-fase, oltre la quale interviene una non linearità nel comportamento in ambiente inquinato.



 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>19/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Le caratteristiche della zona interessata dagli elettrodotti in esame sono di inquinamento atmosferico leggero e quindi si è scelta la soluzione dei 9 isolatori (passo 146 mm) tipo J1/2 (normali) per tutti gli armamenti in sospensione e per quelli in amarro.

## 8.6 MORSETTERIA ED ARMAMENTI

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

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

- 120 kN utilizzato per le morse di sospensione.
- 160 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione e dispositivo di amarro di un singolo conduttore.

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

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

Nelle tavole allegare sono riportati gli schemi delle catene di sospensione ad "I" e quelle di amarro.

La scelta degli equipaggiamenti è stata 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).

## 8.7 FONDAZIONI

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

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

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>20/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;

b) un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;

c) un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

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 possono, di volta in volta, essere progettate ad hoc.

Le tavole allegate sono relative alle fondazioni unificate in calcestruzzo armato a plinto con riseghe di base; fondazioni speciali profonde del tipo palo trivellato; fondazioni speciali profonde del tipo micropalo; fondazioni speciali su tirante.

## 8.8 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, anche il tipo di messa a terra da utilizzare.

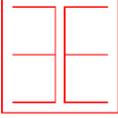
Il Progetto Unificato ne prevede di 6 tipi, adatti ad ogni tipo di terreno.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>21/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 8.9 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.

Per quanto riguarda l'emissione acustica di una linea a 150 kV, misure sperimentali effettuate in condizioni controllate hanno evidenziato effetti insignificanti.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>22/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 9 SICUREZZA NEI CANTIERI

I lavori si svolgeranno in ossequio alla normativa del D.Lgs. 494/96, come modificato dal D.Lgs. 528/99 e al D.Lgs n° 81 del 09/04/2008 e successive integrazioni. Pertanto, durante la progettazione esecutiva la società proponente provvederà a nominare un Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione, abilitato ai sensi della predetta normativa, che redigerà il Piano di Sicurezza e Coordinamento. Successivamente, in fase di realizzazione dell'opera, sarà nominato un Coordinatore per la 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.

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>23/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

## 10 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

### 10.1 **LEGGI**

- [1] Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- [2] Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- [3] Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- [4] 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"
- [5] DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e smi
- [6] Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" 15/2005 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.
- [7] 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".
- [8] 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".
- [9] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- [10] 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"

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere				
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>24/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

- [11] Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne"
- [12] Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne"
- [13] Decreto Interministeriale del 05/08/1998 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne"
- [14] Ordinanza PCM 20/03/2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- [15] Ordinanza PCM 10/10/2003 n. 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003";
- [16] Ordinanza PCM 23/01/2004 n. 3333 "Disposizioni urgenti di protezione civile"
- [17] Ordinanza PCM 3/05/2005 n. 3431 Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- [18] Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- [19] D.M. 17 Gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni 2018 (NTC 2018);
- [20] D.Lgs. 81/08 - Testo Unico sulla sicurezza.

## **10.2 NORME TECNICHE**

- [1] CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", edizione 2011
- [2] CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione,
- [3] 2002-06
- [4] CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", prima edizione, 1996-07

 <b>3E Ingegneria srl</b>	Potenziamento elettrodotto a 150 kV "Serramanna - Villacidro" Piano Tecnico delle Opere			 <b>Fred. Olsen Renewables</b>	
	OGGETTO / SUBJECT				
	<b>151.21.01.R.06</b>	<b>00</b>	<b>Apr. 23</b>		<b>25/25</b>
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

- [5] 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
- [6] 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
- [7] 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