



# REGIONE SICILIA PROVINCIA DI TRAPANI

COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA

COMUNE DI SANTA NINFA

COMUNE DI GIBELLINA

## OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 8 AEROGENERATORI DA 6 MW CIASCUNO PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 48 MW DENOMINATO "BORGO EREDITA" SITO NEL COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA (TP) IN LOCALITÀ BORGO EREDITA E DELLE OPERE CONNESSE E INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALL'ESERCIZIO DELLO STESSO SITE NEI COMUNI DI SANTA NINFA (TP) E GIBELLINA (TP)

## PROGETTO DEFINITIVO

## PROPONENTE



## TITOLO

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

## PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

### Consulente elettrico

Per. Ind. Alessandro Tedeschi per conto di Tesi  
s.r.l. Ordine dei periti industriali delle province di  
Bologna e Ferrara n° 613



## CODICE ELABORATO

ERIN-BE\_R\_01\_A\_E

SCALA

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

## Rif. PROGETTO

N. \_\_\_\_\_

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

## Sommario

PREMESSA.....	2
1 SINTESI DEL QUADRO NORMATIVO.....	2
2 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO.....	4
3 CARATTERISTICHE DELLE LINEA 30 Kv.....	5
4 Caratteristiche della linea a 150 Kv.....	6
5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DEI CAVI.....	8
6 SIMULAZIONI DELL'INDUZIONE MAGNETICA PER LE LINEE 30 Kv.....	8
7 SIMULAZIONE DELL'INDONE MAGNETICA PER LA LINEA 150 Kv.....	9
8 CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
9 Allegati.....	10
9.1 Allegato 1 – Sezioni tipiche di posa.....	10
9.2 Allegato 2 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con quattro terne da 400 mm <sup>2</sup> .....	10
9.3 Allegato 3 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con due terne da 400 mm <sup>2</sup> .....	10
9.4 Allegato 4 – DPA e fascia di rispetto per linea 150 kV con una terna in Alluminio da 1600 mm <sup>2</sup>	10

## Premessa

La Società Edison SpA ha in progetto la realizzazione di un impianto eolico nel comune di Calatafimi Segesta (TP) da 8 aerogeneratori da 6 MW per un totale di 48 MW.

Si rende pertanto necessario realizzare una serie di elettrodotti a 30 kV in cavi sotterranei ed un elettrodotto in alta tensione a 150 kV, sempre in cavi sotterranei, per poter trasportare l'energia elettrica prodotta dai generatori eolici ed immetterla nella rete elettrica nazionale.

L'intervento interessa i territori dei Comuni di Calatafimi Segesta, Gibellina, e Santa Ninfa, provincia di Trapani.

La presente relazione si prefigge lo scopo di determinare l'intensità dei campi magnetici prodotti da tali elettrodotti e tramite simulazioni previsionali di determinare le Distanze di Prima Approssimazione (DPA) e le fasce di rispetto previste dalle vigenti norme di legge.

## 1 Sintesi del quadro normativo

Il tema dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici associati agli elettrodotti è stato oggetto di numerosi provvedimenti legislativi.

La normativa base in materia di campi elettromagnetici è la Legge quadro 36/2001. Essa è volta a:

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
- promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.
- A seguito di detta legge quadro sono stati emessi i seguenti provvedimenti:
- D.P.C.M. 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, del valore 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 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008 "Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto";

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008 "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica".

Successivamente all'emissione dei due DM del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, l'ISPRA ha emesso il documento Disposizioni integrative/interpretative - (versione 7.4 del 2010).

La tabella seguente riporta i limiti definiti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003 per le esposizioni a campi alla frequenza di rete (50 Hz) associati agli elettrodotti, pertinenti con la valutazione in corso.

Limite di Esposizione	Campo magnetico	100 $\mu$ T
	Campo elettrico	5'000 V/m
Valore di Attenzione per il campo magnetico		10 $\mu$ T
Obiettivo di Qualità per il campo magnetico		3 $\mu$ T

Le grandezze riportate in tabella fanno riferimento alle seguenti definizioni.

**Limite di Esposizione:** 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.

**Valore di Attenzione:** 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  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

**Obiettivo di Qualità:** nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni 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  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

**Elettrodotti:** è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Nel Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008 "Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" viene indicata la modalità di calcolo della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), tramite un calcolo bidimensionale, che permette di determinare una fascia di rispetto definita in modo tale per cui se un sito sensibile risulta esterno a tale fascia è sicuramente esposto a campi di intensità inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T a prescindere dalla sua quota e/o altezza da terra; tale metodo si applica a questa situazione di progetto

A completamento del quadro tecnico di riferimento, nel seguito si elencano le più significative Norme Tecniche del Comitato Elettrotecnico Italiano in materia:

- CEI 11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo"
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 08/07/2003";
- 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 0Hz–10kHz, con riferimento all'esposizione umana".

Da ultimo, nel caso di esposizione professionale e non della popolazione, occorre citare il Decreto Legislativo 09/04/2008 n° 81, e successive modificazioni ed integrazioni, in materia di "tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

In particolare all'interno del D. Leg. 81/2008 viene trattata la "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione ai campi elettromagnetici" e viene fissato un "valore di azione", da non superare per i possibili effetti nocivi a breve termine sulla salute dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici, che alla frequenza di 50 Hz risulta essere pari a 1000  $\mu$ T.

La presente relazione non prende in esame il tema dell'esposizione professionale.

## **2 Considerazioni generali sul campo elettrico e magnetico**

L'intensità del campo elettrico associato a un elettrodotto dipende dalla sua tensione di esercizio, dalla disposizione dei conduttori nello spazio e dalla distanza da essi in cui questo viene valutato. In particolare il campo decresce abbastanza rapidamente man mano che ci si allontana dalle linee elettriche ed è schermato anche da oggetti non conduttori quali ad esempio pareti in muratura, vegetazione ad alto fusto, ecc.

Nel presente caso occorre rilevare che i cavi sotterranei sono isolati e sono dotati di uno schermo metallico esterno all'isolamento principale; tale schermo è collegato a terra e di conseguenza detti cavi non generano campi elettrici nell'ambiente circostante.

Il valore di campo magnetico è legato alla corrente che transita nei conduttori e quindi variabile nel corso delle 24 ore giornaliere. Al fine di evitare una valutazione in termini statistici delle esposizioni per i nuovi impianti, nei quali non è possibile a priori valutare le probabili mediane, per le linee in cavo sotterraneo si fa riferimento alla portata in regime permanente come definita dalla norma CEI 11-17 che è il massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Il campo magnetico è direttamente proporzionale al valore di corrente che percorre i conduttori e dipende anch'esso dalla disposizione di questi nello spazio e dalla distanza in cui viene valutato (decresce con l'aumentare della distanza dalla linea elettrica). A differenza del campo elettrico il campo magnetico non è schermabile da pareti in muratura o vegetazione, ma solo in parte da ampie superfici di materiale ferromagnetico.

Nella presente relazione si farà riferimento al solo campo magnetico.

### **3 Caratteristiche delle linea 30 Kv**

La realizzazione del campo eolico e delle opere connesse nel territorio è illustrata nei vari documenti progettuali.

Le linee di connessione a 30 kV saranno costituite da una o più terne; ogni terna sarà realizzata da 3 cavi unipolari disposti a trifoglio. Il singolo cavo unipolare ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione di esercizio 18/30 kV (max tensione 36 kV)
- Conduttore in Alluminio di sezione 400 mm<sup>2</sup>
- Diametro sul conduttore 30,5 mm
- Isolamento il XLPE
- Diametro sull'isolante esterno della singola fase 53 mm
- Massima temperatura del cavo in condizioni normali di esercizio 90 °C
- Massa indicativa 3'100 [kg/km]
- Portata nominale in corrente in regime permanente 557 Ampere
- Massima temperatura in regime di transitorio di guasto 250 °C

Per le finalità della seguente relazione si prendono in esame le diverse sezioni di posa che prevedono una terna, due terne di cavi, tre terne di cavi e quattro terne di cavi tutti nella stessa trincea; dette situazioni sono rappresentate nell'allegato 1.

#### 4 Caratteristiche della linea a 150 Kv

La linea 150 kV sarà costituita da tre cavi unipolari disposti a trifoglio.

Un tipico di cavo 150 kV, con i diversi elementi costitutivi è rappresentato in figura 1.

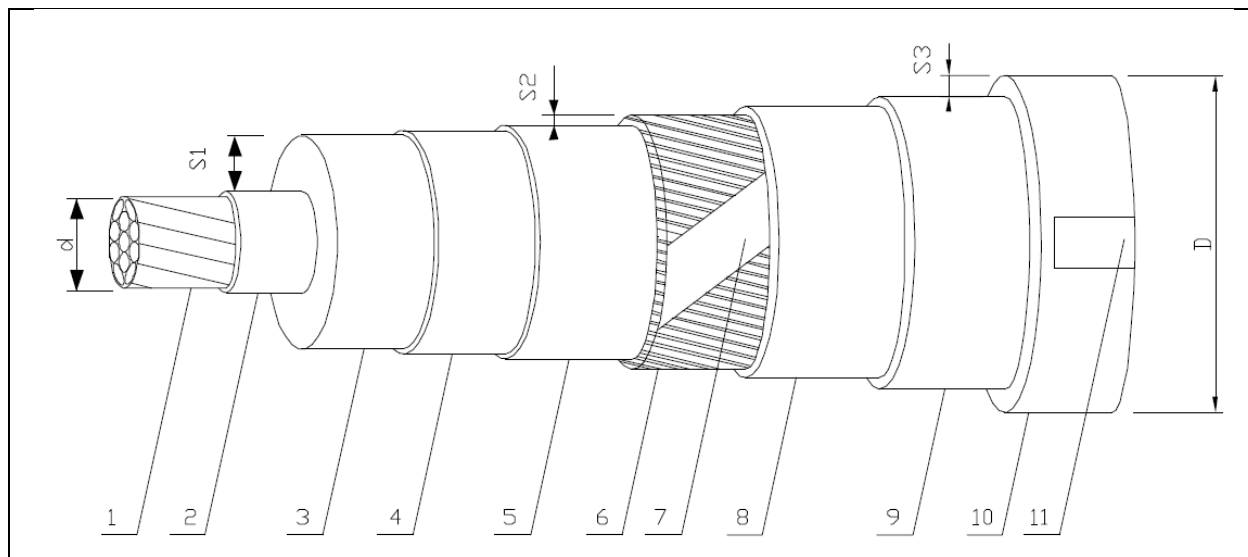
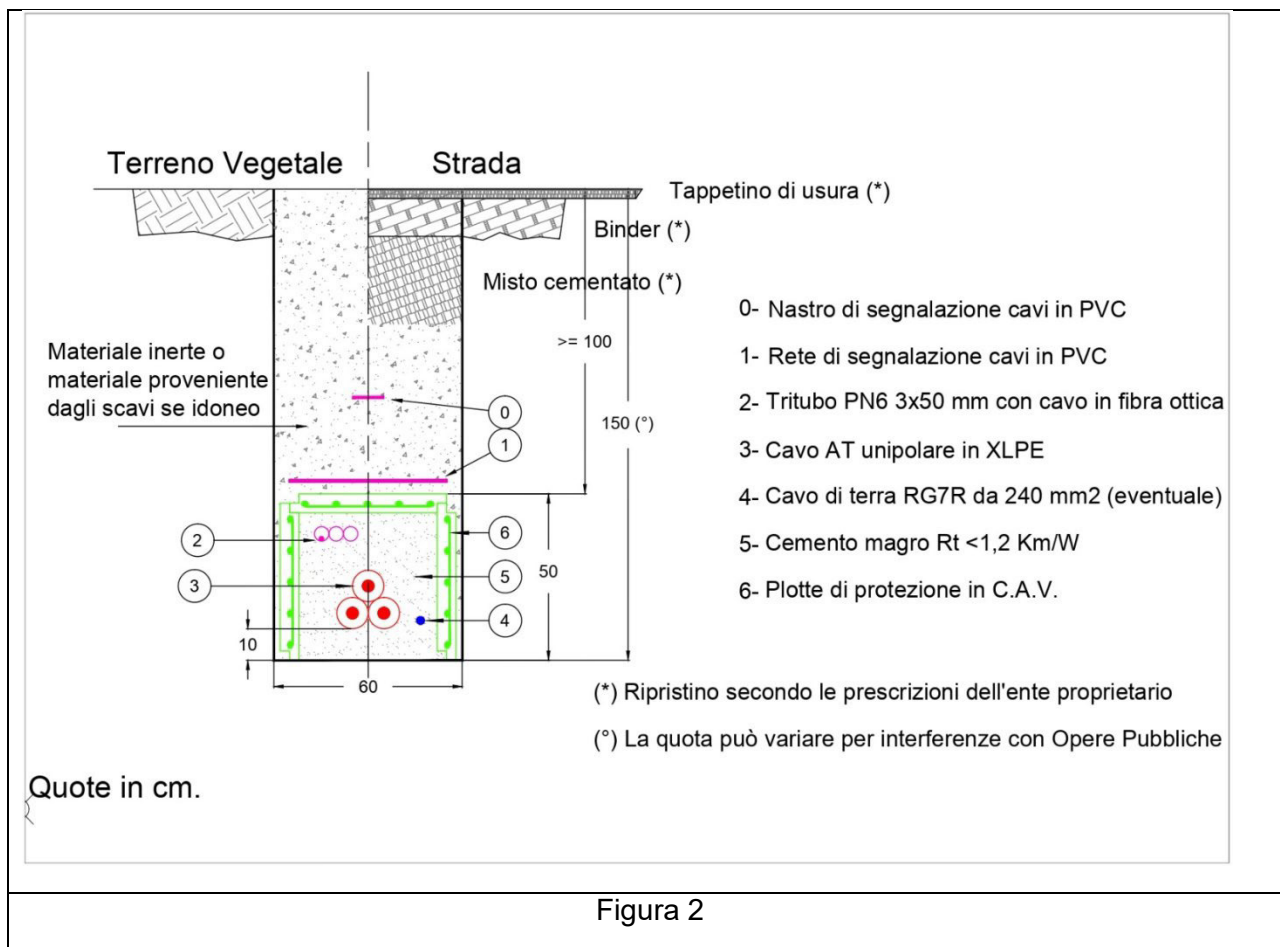


Figura 2. – Disegno schematico cavo

1 Conduttore; 2. Strato semiconduttore; 3. Isolante; 4. Strato semiconduttore; 5. Nastro igroespandente; 6. Schermo a fili di rame; 7. Nastro equalizzatore; 8. Nastro igroespandente (eventuale); 9. Nastro di alluminio incollato a polietilene; 10. Guaina termoplastica; 11. Stampigliatura.

La sezione tipica di posa della linea 150 kV in cavi sotterranei è riportata in figura 2.



Le caratteristiche del singolo cavo sono le seguenti:

- Tensione 87/150 (170) kV
- Conduttore in Alluminio di sezione 1'600 mm<sup>2</sup>
- Diametro sul conduttore 47.5 mm
- Isolamento il XLPE
- Diametro sull'isolante esterno della singola fase 110 mm
- Massima temperatura in condizioni normali di esercizio 90 °C
- Massa indicativa 11'800 [kg/km]
- Portata nominale in corrente in regime permanente con conduttori disposti a trifoglio 1'000 Ampere
- Corrente termica di corto circuito del conduttore 200 kA
- Corrente termica di corto circuito dello schermo 31.5 kA
- Massima temperatura in regime di transitorio di guasto 250 °C.

Nel caso di interferenze con altri servizi presenti nel sottosuolo la profondità di posa del cavo potrebbe aumentare.



## 5 Determinazione delle portate dei cavi

Nei cataloghi dei vari produttori di cavi viene riportata la portata nominale del cavo prescindendo dalle varie tipologie di posa.

Nella norma CEI 11-17 vi sono le modalità di calcolo dei fattori di riduzione dovuti principalmente alla profondità di posa ed alla presenza di più terne nella stessa trincea per i seguenti motivi:

- Maggiore è la profondità di posa, più difficile risulta lo smaltimento del calore che la corrente produce nel cavo stesso per l'effetto Joule e di conseguenza riduce la portata;
- Se nella stessa trincea sono presenti più terne il riscaldamento reciproco determina un ulteriore abbattimento della portata.

Detto calcolo è abbastanza complesso e per i casi in esame nel presente progetto si riportano i risultati finali nella sottostante tabella 1.

Tensione	Sezione del cavo	Portata nominale	Numero di terne nella trincea	Fattore di riduzione	Portata effettiva
	[mm <sup>2</sup> ]	[Ampere]			[Ampere]
30 kV	400	557	1	1	557
			2	0.86	480
			3	0.76	425
			4	0.72	410
150 kV	1'600	1'000	1	1	1'000

Tabella 1

## 6 Simulazioni dell'induzione magnetica per le linee 30 Kv

Con le correnti sopra determinate, che rappresentano il massimo valore in regime permanente, sono state eseguite le simulazioni previsionali di induzione magnetica nei diversi casi presenti nel progetto e sono state determinate le isolinee dei 3  $\mu$ T, le DPA e le relative fasce di rispetto.

Esaminando il progetto emerge che la sezione più significativa e quella prevalente per la lunghezza rispetto a tutte le altre è quella con 4 terne all'interno della stessa trincea indicata nell'allegato 1 col numero 1; segue per importanza quella con due terne indicata col numero 2; dette simulazioni previsionali sono riportate rispettivamente nell'allegato 2 e nell'allegato 3. Per le altre tipologie di sezioni si riportano solo i risultati.

Nella sottostante tabella 2 sono riassunti i risultati delle simulazioni previsionali, con le DPA arrotondate all'unità come previsto dalle normative vigenti, per tutte le tipologie di linee 30 kV presenti nel progetto.

Tensione	Sezione del cavo	Numero di terne nella trincea	Distanza di Prima Approssimazione (DPA)	Fascia di rispetto
	[mm <sup>2</sup> ]		[m]	[m]
30 kV	400	1	1	2
		2	2	4
		3	2	4
		4	2	4

Tabella 2

Le DPA e le fasce di rispetto sono state determinate con valore massimo della corrente in regime permanente; i generatori eolici immetteranno nei vari elettrodotti una corrente legata allo loro potenza nominale che di fatto sarà molto inferiore alla corrente usata per le simulazioni ed in ultima analisi le DPA calcolate sono cautelative.

Dall'esame della cartografia progettuale e dai sopralluoghi eseguiti i tracciati delle linee 30 kV, con le relative DPA, non interessano aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

## 7 Simulazione dell'indone magnetica per la linea 150 Kv

Per la linea 150 kV in cavi sotterranei è stata eseguita una simulazione previsionale nelle condizioni tipiche di posa riportate in figura 2 con la portata in regime permanente di corrente pari a 1'000 Ampere.

Il risultato della simulazione determina una DPA di 3 metri e quindi un corridoio di rispetto di 6 metri; il tutto è riportato nell'allegato 4.

Anche per il tracciato della linea 150 kV si afferma che la DPA non interessa aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

## 8 Considerazioni finali

Nella presente relazione si sono presi in esame le diverse tipologie di elettrodotti in cavi sotterranei necessari per immettere l'energia elettrica prodotta dal campo eolico nella rete di trasmissione nazionale.

Gli elettrodotti in cavi sotterranei non generano campi elettrici.

Ai fini della valutazione dei campi magnetici e per la determinazione delle fasce di rispetto previste dalla normativa vigente sono state eseguite delle simulazioni i cui risultati sono riportati negli allegati 2, 3, e 4; per le rimanenti tipologie di posa dei cavi 30 kV le DPA sono riportate in tabella 2.

Dette simulazioni sono state eseguite con il massimo valore della corrente in regime permanente che il cavo può trasportare e che risulta essere decisamente maggiore della corrente che i diversi generatori immetteranno negli elettrodotti, quindi le DPA e le fasce determinate sono cautelative.

Dall'esame della cartografia progettuale e dai sopralluoghi eseguiti i tracciati delle linee di connessione a 30 kV e a 150 kV con le rispettive DPA non interessano aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

L'intervento interessa i territori dei Comuni di Calatafimi Segesta, Gibellina, e Santa Ninfa, in provincia di Trapani. In ogni particolare ed accessorio, gli elettrodotti verranno costruiti in conformità a tutte le Leggi e Norme vigenti ed alle eventuali prescrizioni dell'Autorità Competente indicate nel provvedimento autorizzativo.

Nell'esecuzione dei lavori, verranno adottati inoltre i migliori provvedimenti suggeriti dalla tecnica e dall'esperienza per salvaguardare l'incolumità delle persone ed evitare danni alle opere interessate dai tracciati degli elettrodotti.

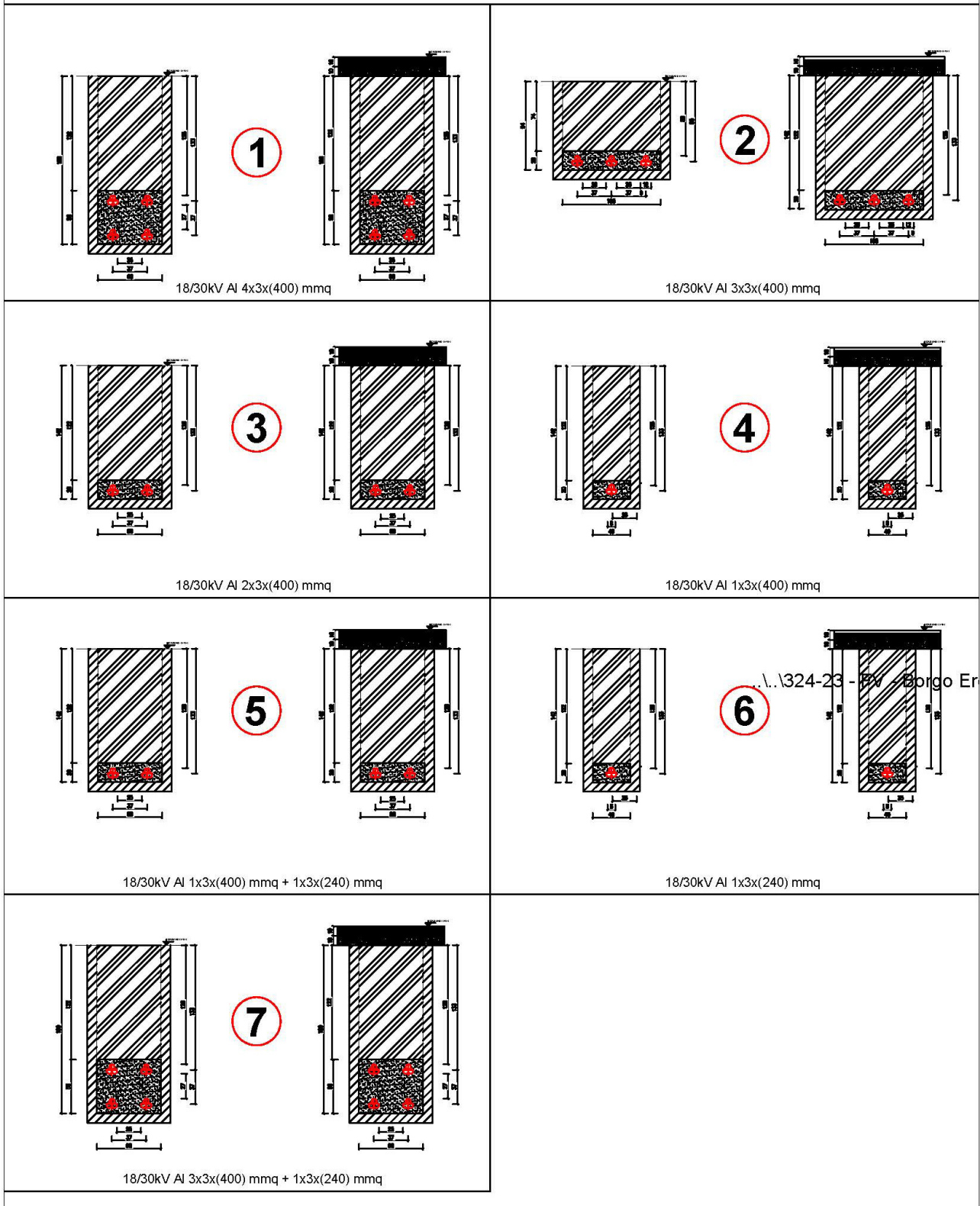
Palermo, 31/07/2023

Ing. Girolamo Gorgone

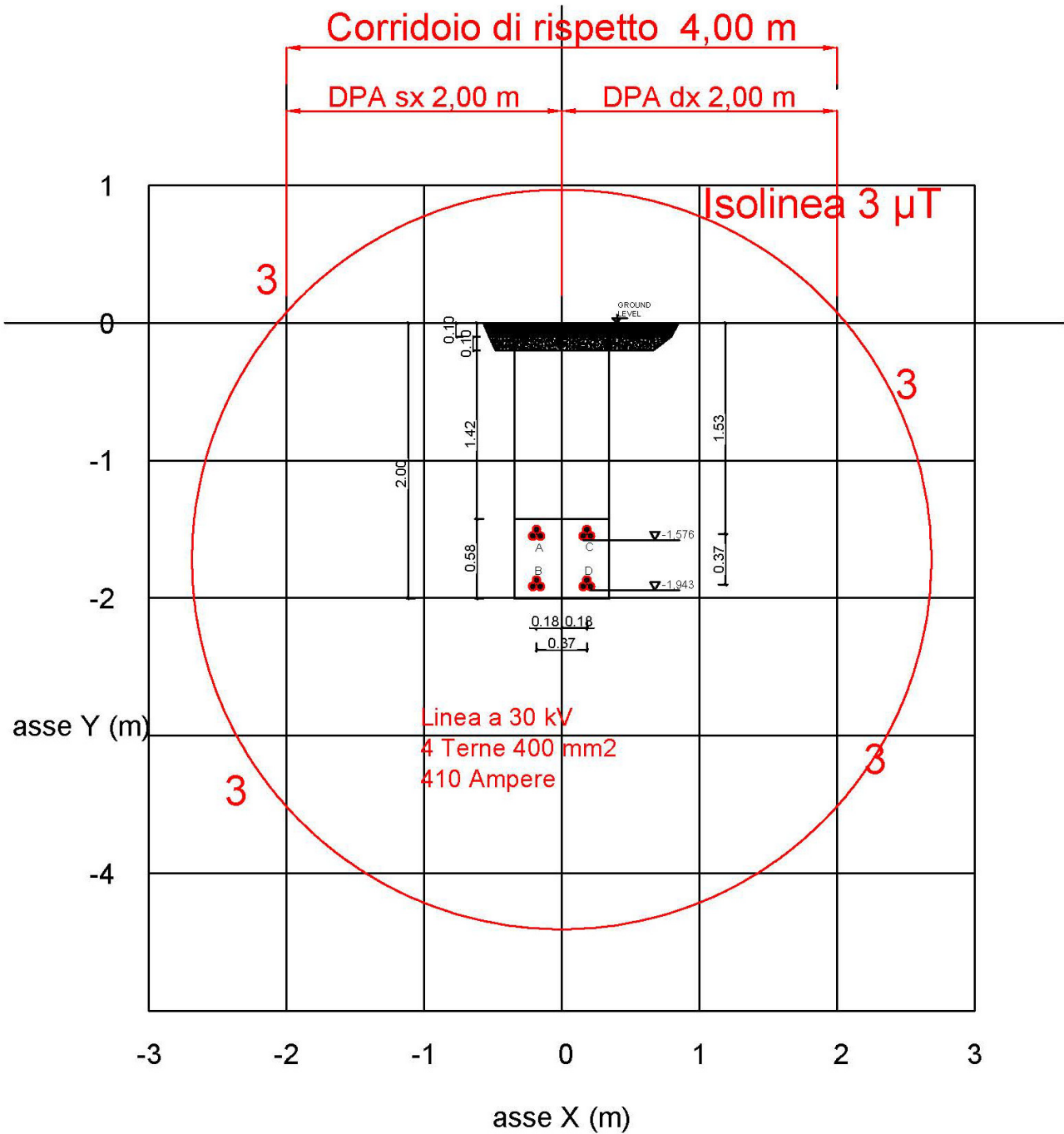
## 9 Allegati

- 9.1 Allegato 1 – Sezioni tipiche di posa
- 9.2 Allegato 2 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con quattro terne da 400 mm<sup>2</sup>
- 9.3 Allegato 3 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con due terne da 400 mm<sup>2</sup>
- 9.4 Allegato 4 – DPA e fascia di rispetto per linea 150 kV con una terna in Alluminio da 1600 mm<sup>2</sup>

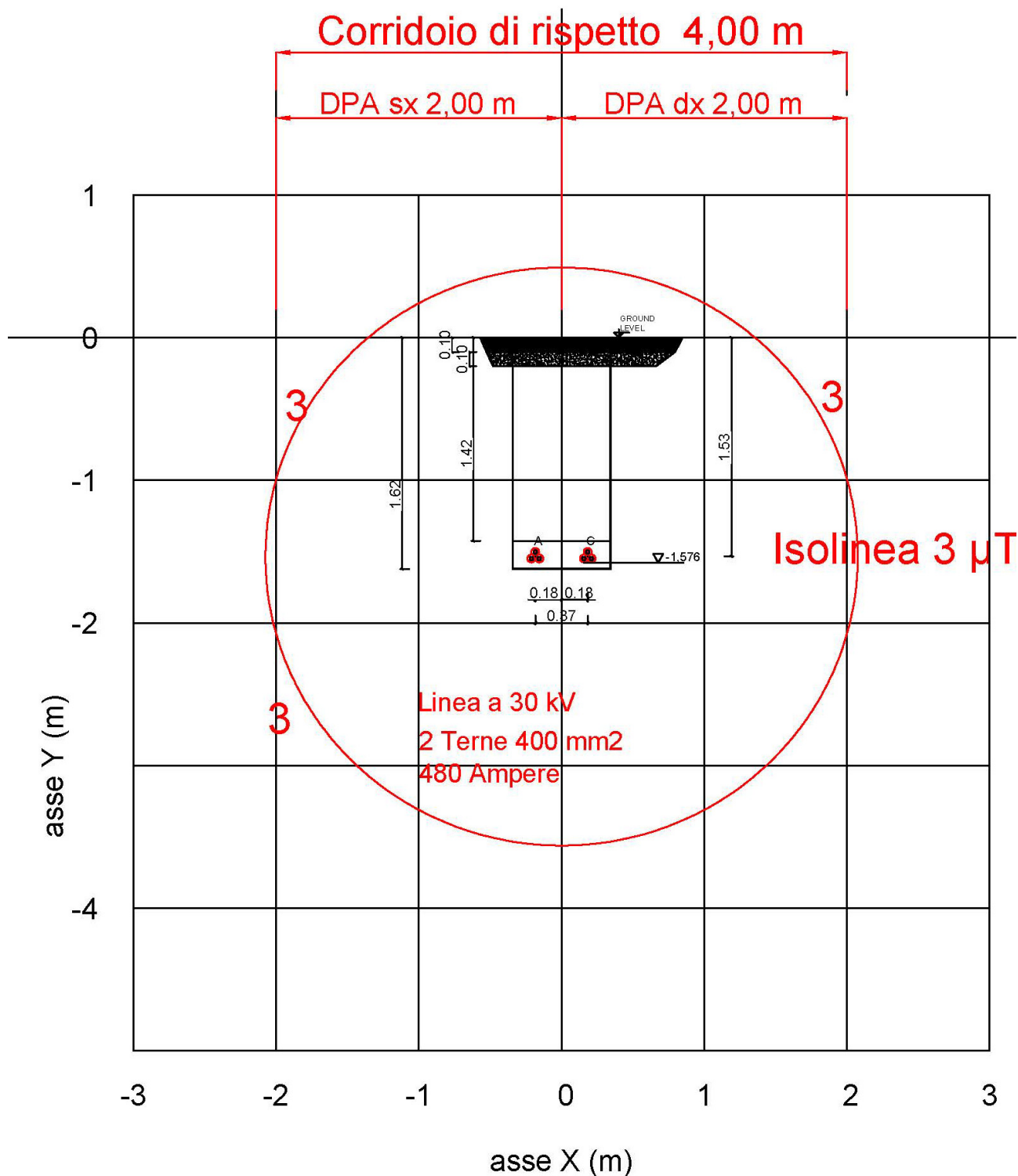
Allegato 1 – Sezioni tipiche di posa



Allegato 2 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con quattro terne da 400 mm<sup>2</sup>



Allegato 3 – DPA e fascia di rispetto per linea 30 kV con due terne da 400 mm<sup>2</sup>



Allegato 4 – DPA e fascia di rispetto per linea 150 kV con una terna in Alluminio da 1600 mm<sup>2</sup>

