

IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE MT-15 kV DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE EOLICA DA 4000 kW

Gea Energie Srl

Corso Sempione 33, 20145 Milano

C.F. e P.I. 07193110728

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

Livello prog.		ID GOAL	Nome File	Data	Revisione	
PD		200598232	Progetto Def	Sett.2020	3	
REV	Data Rev.		Descrizione Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato
0	Sett.2020		1° emissione	F.Rossi	A.Corona	F.Friburgo
1	Sett 2020		1° Revisione	F.Rossi	A.Corona	F.Friburgo
2	Sett 2020		2° Revisione per aggiornamento tipologico fondazioni	F.Rossi	A.Corona	F.Friburgo
3	Ott. 202		3° revisione per parte AT	F.Rossi	A.Corona	F.Friburgo

TECNICO INCARICATO:

Flavio Friburgo

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Genova

Al numero 9611A



FIMBRO E FIRMA PROFESSIONISTA:

GESTORE RETE ELETTRICA:

E-DISTRIBUZIONE

RICHIEDENTE (LEGALE RAPPRESENTANTE):

Gea Energie Srl

Sommario

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
3	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' IN PROGETTO	8
4	PROGETTAZIONE DELLA LINEA MT DI NUOVA REALIZZAZIONE	9
4.1	Cabina di consegna (POD)	9
4.2	Messa a terra della cabina	9
4.3	Linee in cavo interrato	11
4.4	Linea in cavo aereo	14
4.5	VERIFICHE SOSTEGNI.....	19
4.5.1	Verifica dei sostegni	25
4.5.2	Verifica della fondazione del sostegno	26
5	OPERE AT	28
5.1	Cabina primaria AT	31
5.1.1	Fabbricato di cabina	32
5.1.2	Tralicci	33
5.1.3	Strada di accesso	35
6	INTERFERENZE E DISTANZE DI RISPETTO	35
7	VALUTAZIONE DPA.....	39
8	DICHIARAZIONE DEL TECNICO PROGETTISTA	42
9	ALLEGATO A: CALCOLO DELLE SERVITU' DI ELETTRODOTTO.....	43
10	ALLEGATO B: TAVOLE UNIFICAZIONE ENEL	46

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il presente elaborato costituisce il Progetto Definito della linea di connessione in M.T. – 15 kV dell'impianto di produzione da fonte rinnovabile eolica dell'azienda Gea Energie s.r.l., ubicato in loc. Monte Foppo nel Comune di Tornolo (PR).

Il Progetto definitivo è stato redatto in conformità alla Guida per le Connessioni alla Rete Elettrica di ENEL DISTRIBUZIONE e alla STMG Codice di rintracciabilità: **225024643** - accettata in data 15.07.2020.

L'impianto oggetto del presente elaborato sarà allacciato alla rete di e-distribuzione tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna del tipo DG 2092 posta in prossimità della Strada Statale 523 del Cento Croci. La cabina secondaria sarà a sua volta collegata alla rete MT esistente passante sul passo, mediante realizzazione di un anello in cavo in parte aereo ed in parte interrato. Il nuovo anello MT sarà a sua volta integrato in una cabina primaria AT/MT da realizzarsi ex novo in prossimità della sottostazione Terna in costruzione.

La soluzione di connessione ipotizzata prevede i seguenti interventi che per semplicità vengono riassunti in due gruppi:

1. Interventi su rete MT:

- a. Realizzazione anello da intestarsi su rete esistente 15 kV come di seguito composto:
 - i. TRATTO AB –linea MT in derivazione da dorsale esistente:
 1. Richiusura su linea MT in soluzione aerea con cavo ELICORD 150 mmq per metri 155 circa (predisposizione di numero 5 pali);
 - ii. TRATTO BC:
 1. Discesa da palo e tratto in interrato in cavo elicord 185 mmq sino al POD (o cabina secondaria DG 2092) + 3 tubi da 160 mm di diametro per circa 25 metri in totale di cui circa 10 sotto strada asfalta SS 523 del Cento Croci e i restanti sotto terreni naturali;
 2. allestimento cabina: montaggi elettromeccanici con 2 scomparti di linea+consegna: 1
 3. Tratto interrato in cavo elicord 185 mmq con 1 tubo da 160 mm di diametro, dal POD alla ripartenza della linea aerea di circa 65 m sotto terreni naturali;
 - iii. TRATTO CD – linea aerea sino a Cabina Primaria:
 1. Tratto in cavo aereo con cavo elicord 150 mmq della lunghezza di circa 480 m (predisposizione di numero 13 pali;
 2. Tratto interrato con cavo elicord 180 mmq della lunghezza di circa 50 m sotto strada asfaltata e sotto la CP di nuova realizzazione;
 - iv. TRATTO DE – da CP a palo esistente 12/J/24
 1. Tratto in cavo elicord 185 mmq interrato lunghezza 400 m circa sotto terreni asfaltati di cui gli ultimi 30 metri sotto terreno naturale;
 - v. TRATTO EF – da palo esistente 12/J/24 a dorsale esistente:
 1. Tratto in cavo elicord 150 mmq in soluzione aerea di circa 190 m sino alla richiusura della linea su MT esistente (5 pali);

2. Interventi lato AT: realizzazione di cabina primaria con le seguenti apparecchiature:

- a. Cp con 2 ibridi y2, 1 bipiano in edificio, 1 trafo 25 mva: 1
- b. Petersen montaggi elettromeccanici e opere civili: 1
- c. Petersen tfn: 2
- d. Petersen bobina mobile: 2
- e. Stallo tr comprensivo di opere civili: 1
- f. Trasformatore 25 mva: 1

- g. Up e modulo gsm: 1
- h. Interventi su rete AT esistente con modalità di connessione in entra-esce sulla RTN a 220 kV “Avenza-San Colombano”.

Si riporta nella seguente tabella un carteggio complessivo dei vari tratti sopra descritti:

TRATTO	DESCRIZIONE	SOLUZIONE	LUNGHEZZA
AB	Da innesto su linea MT esistente a palo prima del POD	Aereo	155 m
BC	da palo prima del POD al palo ad inizio tratto CD	Interrato	85 m
CD	Linea aerea sino alla nuova CP	Aereo interrato	+ 480 m (aereo)+ 60 m (interrato)
DE	Dalla CP al palo esistente	Interrato	390 m
EF	Sostituzione cavo aereo con 150 mmq	Aereo	190 m

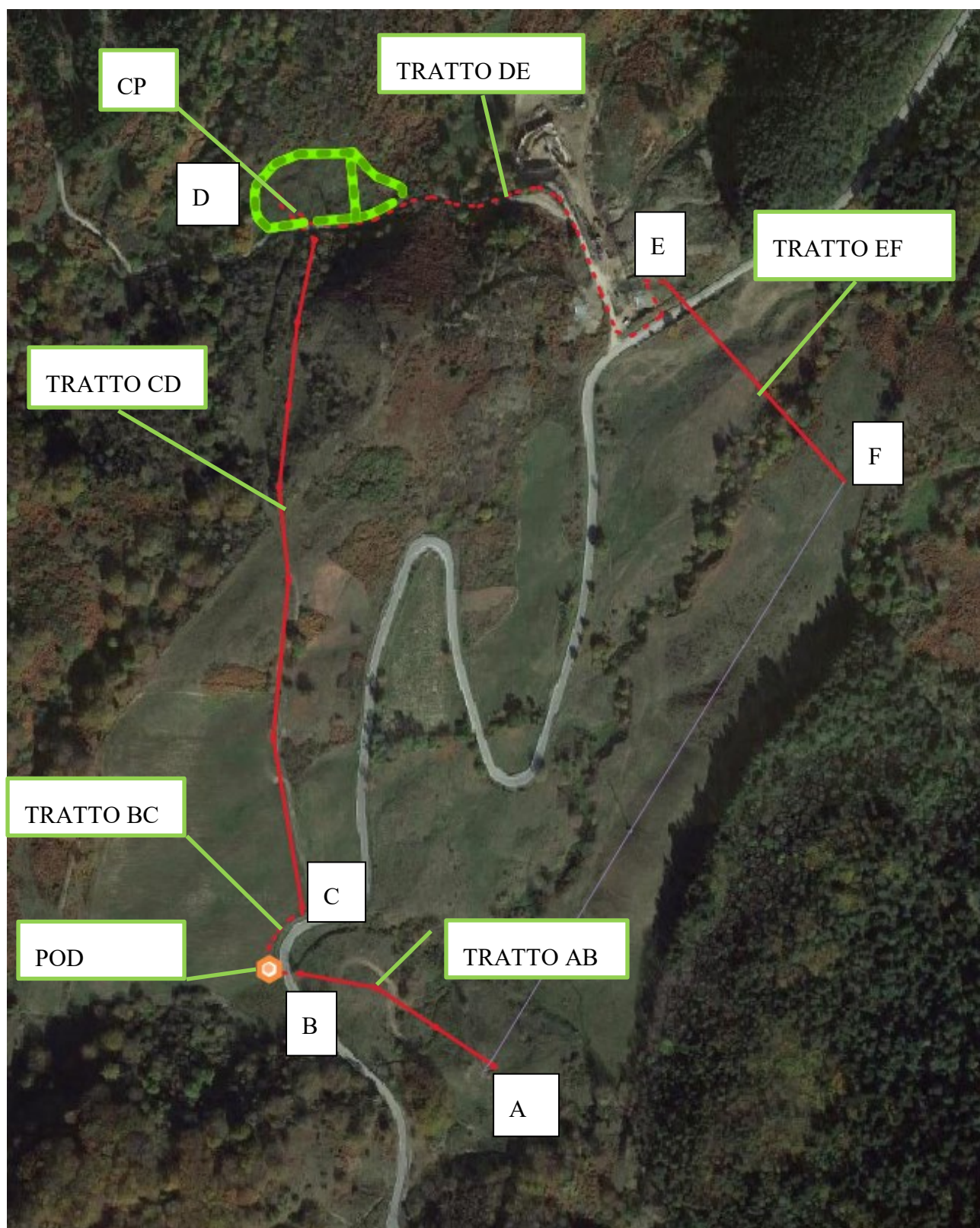


Figura 1.1: identificazione tratti costituenti la connessione ad anello in media tensione



Figura 1.2: interventi da realizzare sulla parte di alta tensione.

Il tracciato della connessione è stato studiato in maniera tale da recare il minor sacrificio possibile alle proprietà interessate al transito della linea in progetto, con l'intento di ridurre al massimo l'impatto sull'ambiente.

I tratti in interrato saranno eseguiti mediante infilaggio del cavo elicord 185 mmq in tubo di PVC del diametro di mm. 160, posto dentro scavo in trincea a profondità diverse a seconda della destinazione del tratto attraversato; non inferiore a mt. 1.40 all'estradosso del cavidotto su terreni agricoli mentre a non meno di 1 metro nel caso di strade asfaltate¹. Il nastro monitor sarà posato lungo tutta la lunghezza del cavidotto conformemente a quanto previsto in Tabella di unificazione DS 4285.

Le risalite del cavo lungo i pali di capolinea saranno protette tramite l'utilizzazione di guaina in vetro resina protettiva conforme alle specifiche della tabella di unificazione DS 4237 fino alla quota di 2,5 metri sul livello del piano campagna.

Le richiusure sulla linea MT esistente saranno eseguite andando a sostituire i tralicci esistenti.

¹ Nel caso in cui il gestore dell'infrastruttura lo riterrà necessario potranno essere adottate soluzioni diverse e più restrittive. Poiché il gestore della Strada Provinciale SP 523 R è la provincia di Parma stessa, sarà all'interno della CDS che saranno adottate le opportune scelte progettuali.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La linea elettrica di MT in progetto costituisce parte integrante dell'impianto eolico "Monte Foppo" soggetto ad Autorizzazione Unica.

L'attività di costruzione delle linee elettriche non è libera: essa è subordinata alla concessione, da parte dell'autorità amministrativa, di una apposita autorizzazione.

Il conseguimento di tale autorizzazione, volta alla salvaguardia della pubblica incolumità nonché dell'uso sicuro e pacifico delle cose, è regolamentato dalle seguenti disposizioni di legge:

- Regio Decreto **11.12.1933 n° 1775** recante il "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici";

Per quanto attiene l'aspetto tecnico i riferimenti normativi a livello nazionale sono:

- Decreto Ministeriale **21.03.1988** "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" (Norma Linee);
- Decreto Ministeriale **16.01.1991** "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Ministeriale **05.08.1998** "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne".

La costruzione e l'esercizio delle linee elettriche resta inoltre subordinato alle:

- Norma **CEI 103-6** per quanto attiene la compatibilità elettromagnetica nelle interferenze con linee di telecomunicazione;
- Norma **CEI 11-61** "Guida all'inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle stazioni elettriche";
- Norme del Ministero dell'Interno per quanto attiene le disposizioni di sicurezza antincendio;
- **Dlsg.81/08** coordinato con **Dlgs 106/09** e s.m.i, riguardanti la salute e la sicurezza dei luoghi di lavoro.

Le norme elaborate dal Comitato Tecnico 11 del CEI che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche costituiscono disposizioni di legge, le soluzioni impiantistiche adottate per la progettazione e la verifica delle opere del presente progetto sono di conseguenza conformi alle seguenti norme CEI:

- Norma **CEI 0-16** "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- Norma **CEI 11-1** "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";
- Norma **CEI EN 50110** "Esercizio degli impianti elettrici" e Variante V1 (CEI 11-48 V1);
- Norma **CEI 11-4** "norme tecniche per la costruzione delle linee aeree esterne";
- Norma **CEI 11-17** "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- **DM 24/11/1984** "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8".

Per tutto quanto concerne quindi i materiali e le soluzioni costruttive adottate nella presente progettazione si è fatto riferimento alle Linee Guida ENEL linee MT:

- LINEE IN CAVO AEREO MT – Ed. 2 – 2004
- LINEE IN CAVO INTERRATO MT – Ed. 1 - 2003

di cui nei vari paragrafi del progetto definitivo si riportano le tavole e le tabelle di unificazione adottate.

3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' IN PROGETTO

La realizzazione dell'impianto di rete per la connessione così come descritto al paragrafo precedente dovrà seguire le seguenti fasi operative:

1. Delimitazione aree destinate ad ospitare la CP;
2. Allestimento cantiere;
3. Realizzazione accessi alla cabina primaria e dei relativi piani di lavoro (piano AT e piano Tralicci come definito dalle tavole allegate);
4. Realizzazione scarpate e muri di sostegno;
5. Realizzazione di senso unico alternato lungo la strada che porta alla CP;
6. Sistemazione della strada esistente secondo i dettami tecnici indicati nelle tavole di dettaglio;
7. Predisposizione di numero 1 corrugato Ø 160 mm sotto strada asfaltata e realizzazione pozzetti d'ispezione;
8. Realizzazione delle fondazioni apparecchiature AT e Mt e del fabbricato in cabina primaria, posa di tutte le tubazioni servizi ausiliari, illuminazione ecc;
9. Posa elementi prefabbricati della cabina di controllo;
10. Posa tralicci;
11. Realizzazione collegamenti elettrici;

Contemporaneamente saranno avviati anche i lavori sulla parte MT ed in particolare;

1. Realizzazione di una nuova cabina conforme alle prescrizioni ENEL DG2092 ed.03 del nelle coordinate prescritte e del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato;
2. Allestimento locale cabina completo di:
 - a. n°2 scomparto di linea "IM"– DY 800/116 (matricola 162410);
 - b. n°1 scomparto utenza MT "U" - DY 803M/316 (matricola 162307);
 - c. fornitura e posa di quadretto per S.A. di cabina e realizzazione dell'impianto elettrico di illuminazione e FM;
3. Predisposizione di cavidotto costituito da 3 tubazioni Ø 160 mm dalla cabina secondaria al primo palo (punto B);
4. Realizzazione della linea in derivazione in cavo interrato ARE4H5EX-12/20 kV tripolare ad elica visibile con conduttori in alluminio del tipo 3x(1x185), dal POD al primo palo di entrambe le tratte aeree dei tratti AB e CD;
5. Realizzazione di n.2 terna di terminazione per la connessione agli scomparti e collegamento degli stessi alle celle di MT;
6. Realizzazione delle fondazioni e posa di n. 10 pali di linea di nuova realizzazione in acciaio a sezione ottagonale e posa degli stessi;
7. Predisposizione della risalita dei cavi lungo il primo palo della nuova linea del tratto AB e quello di salita e discesa nel tratto BC sino all'ingresso in cabina primaria;
8. Realizzazione delle linee in cavo aereo dei tratti AB e BC;
9. Sostituzione del cavo aereo linea EF da elicord 35 mmq AL a 150 mmq AL

10. Disalimentazione della linea MT esistente nel tratto interessato dall'intervento (mediante richiesta scritta con una settimana di anticipo) la durata dell'interruzione verrà concordata con E-Distribuzione;
11. Realizzazione della fondazione e posa di n. 1 palo in acciaio a sezione ottagonale del tipo 12/G/24 armato con doppio amarro;
12. Collegamento della linea MT esistente al nuovo sostegno e realizzazione della derivazione;
13. Rialimentazione della linea MT esistente;
14. Collaudo delle linee e degli impianti da parte di e-distribuzione;
15. Disalimentazione linea AT da concordare con Terna;
16. Realizzazione entra-esce su Linea San Colombano-Avenza;
17. Rialimentazione linea;
18. Messa in servizio della nuova cabina;
19. Verifiche.

4 PROGETTAZIONE DELLA LINEA MT DI NUOVA REALIZZAZIONE

4.1 Cabina di consegna (POD)

La cabina di consegna sarà realizzata all'interno del fabbricato centrale secondo le specifiche della Tabella DG 2092 e ospiterà 3 celle di media tensione:

1. n°2 scomparti di linea "IM" – DY 800/116;
2. n°1 scomparto utenza MT "U" – DY 803M/316;

La cabina ospiterà anche un locale misure. Si riporta negli elaborati grafici allegati la pianta della cabina.

4.2 Messa a terra della cabina

L'impianto sarà realizzato così come indicato negli elaborati grafici allegati, al fine di:

- disperdere nel terreno correnti sia in regime normale che perturbato, senza danni;
- assicurare che quanto sopra si effettui in sicurezza senza pericolo di folgorazione.

L'impianto di terra è stato dimensionato in base alle Norme *CEI EN 61936-1 e 50522 CEI 99-3*. In base al valore della corrente di guasto pari a 40 A, e al tempo di eliminazione del guasto ($\gg 10$ s), comunicati da E-Distribuzione in specifica tecnica, dalle norme in vigore si è trovato il valore della tensione di contatto ammissibile pari a 80 V.

Ai sensi della Norma CEI 99-3, l'impianto risulta quindi idoneo qualora il valore della tensione totale di terra U_E sia inferiore a 2 volte la tensione di contatto ammissibile U_{TP} ovvero se:

$$U_E < 160 \text{ V}$$

In conformità con la Norma CEI 99-3, la verifica della tensione di contatto e di passo sull'impianto potrebbe essere evitata nel caso in esame, se la tensione totale di terra non risultasse maggiore di 2 volte il valore di 80 V. Per verificare ciò, la resistenza di terra deve avere un valore inferiore a:

$$R (80V \times 2)/40A = 4 \Omega$$

Di modo da garantire un ulteriore livello di protezione l'impianto è stato progettato per garantire una tensione totale di terra inferiore a 80V. Per verificare ciò, la resistenza di terra dovrebbe avere un valore inferiore a:

$$R 80V/50A = 1.60 \Omega$$

Utilizzando i picchetti a croce di dimensione di 5 cm x 5 cm e lunghezza 1.6 m, si avrà una lunghezza di infissione pari a 125 cm ed un raggio equivalente di circa 2 cm, pertanto ogni picchetto ha una resistenza di:

$$R_{tc} = \frac{\rho}{(2\pi \times L)} * \ln\left(\frac{4L}{r} - 1\right)$$

Considerando la resistività del terreno agricolo (terreno argilloso in condizione di normale umidità) pari a ρ 10 ohm x m e considerando la posa di n. 4 picchetti avremo la seguente resistenza totale calcolata (R_{tc}):

$$R_{tc} = \frac{\rho}{(N \times 2\pi \times L)} * \ln\left(\frac{4L}{r} - 1\right) = 1.22 \Omega < 1.60 \Omega$$

Pertanto non è necessario effettuare le verifiche delle tensioni di passo e di contatto. Il rispetto dei limiti di tensione dell'impianto di terra verrà verificato dalla ditta installatrice.

L'impianto di terra della cabina di consegna sarà realizzato secondo le specifiche di E- Distribuzione, tramite anello interrato esterno (posto ad 1 m dal perimetro della cabina) in treccia

in rame di sez. 35 mm² e n. 4 picchetti di terra in profilato di acciaio, sezione a T, di lunghezza 1600 mm (come da specifiche Enel M21). All'interno della cabina tutte le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra.

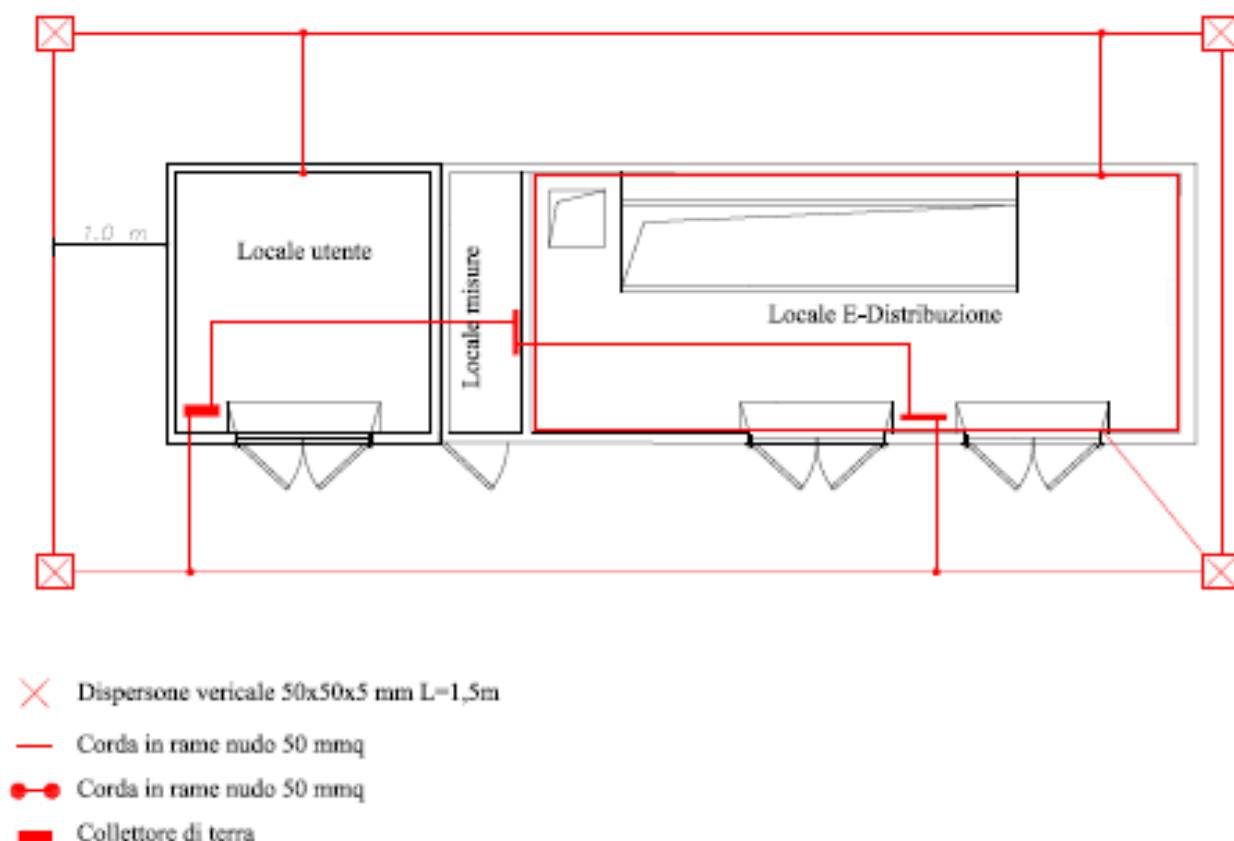


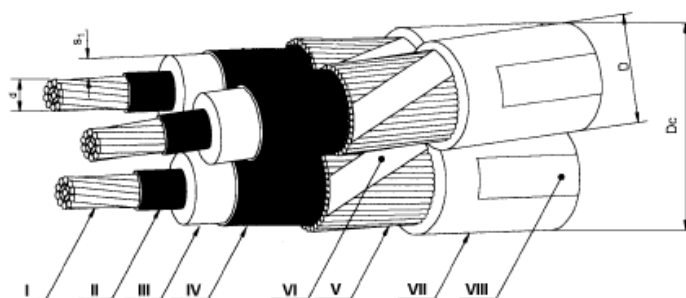
Figura 4.1: schema collegamento maglia di terra su cabine secondarie.

4.3 Linee in cavo interrato

Le linee in cavo interrato saranno realizzate con cavo interrato ARE4H5EX-12/20 kV tripolare ad elica visibile con conduttori in alluminio del tipo 3x(1x185), conforme alla tabella di unificazione ENEL DC 4385/2, matricola ENEL 332284

Di seguito si riportano i dati caratteristici della tipologia di cavo ricavati dalla tabella di riferimento delle specifiche ENEL - DC4385. Come specificato i dati del cavo interrato della linea in progetto sono quelli relativi alla matricola 332284 con isolamento in XLPE.

Cavi tripolari ad elica visibile con conduttori in alluminio



- | | |
|--|---------------------------------------|
| I - Conduttore | V - Schermo |
| II - Strato semiconduttore | VI - Nastro equalizzatore (eventuale) |
| III - Isolante | VII - Guaina di PVC |
| IV - Strato semiconduttore estruso sull'isolante | VIII - Stampigliatura |

1. Cavo isolato con HEPR (ARG7H1RX-12/20 kV)

1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm ²)	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC 4385/2	XLPE	3 x (1x185)	78	3550	360	24
	DC 4385/4	HPTE					

1. I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C; temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W
(Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisce pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A).

2. I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

Di seguito si riporta la Tabella della portata nominale dei cavi unificati ENEL. Nel caso in esame la portata elettrica è di 360 A.

CAVI MT SOTTERRANEI

SEZIONE DEL CONDUTTORE ⁵ [mm ²]				PORTATA [A]
CAVI CON ISOLAMENTO IN CARTA		CAVI CON ISOLAMENTO ESTRUSO		
DC4345	DC4346	DC4378	DC4379 - DC 4380	
RC4HLRX-12/20 kV	ARC4HLRX-12/20 kV	RG7H1RX-12/20 kV	ARG7H1RX-12/20 kV ARE4H1RX-12/20 kV	
3 x 50	3 x 95	3 x 50	3 x 70	
3 x 95	3 x 150	3 x 95	3 x 120	200
3 x 150	3 x 240	3 x 120	3 x 185	280
				360

Il cavo sarà posato ad una quota non inferiore a 1,4 metri di profondità, su terreno agricolo, e di 1 metro sotto le strade asfaltate, rispetto al piano campagna all'interno di tubazione in corrugato, e sarà segnalati tramite posa di nastro monitor così come indicato negli elaborati grafici allegati.

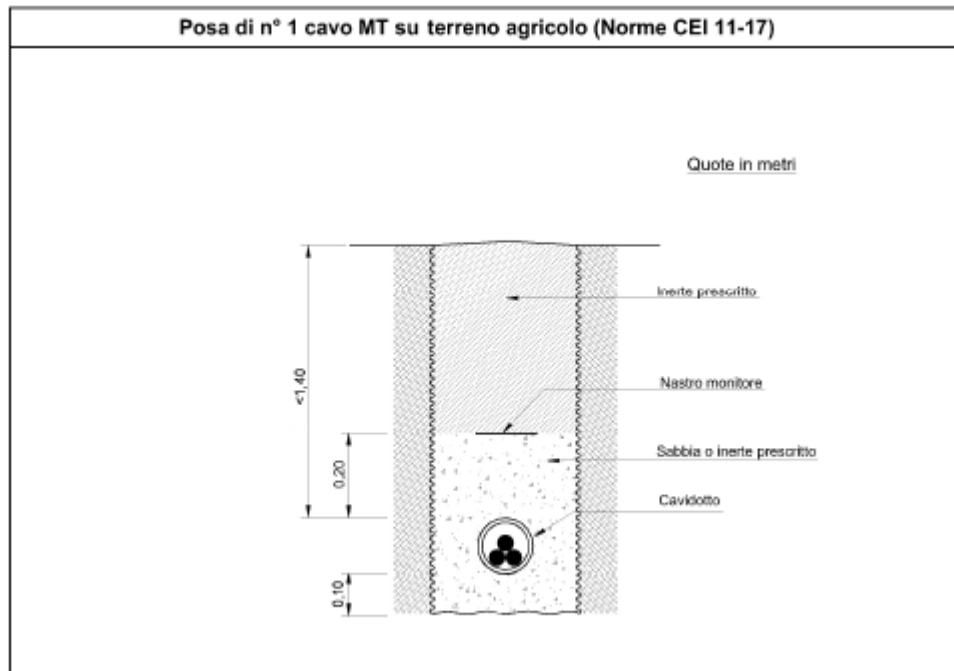


Figura 4.2: posa sotto terreno agricolo

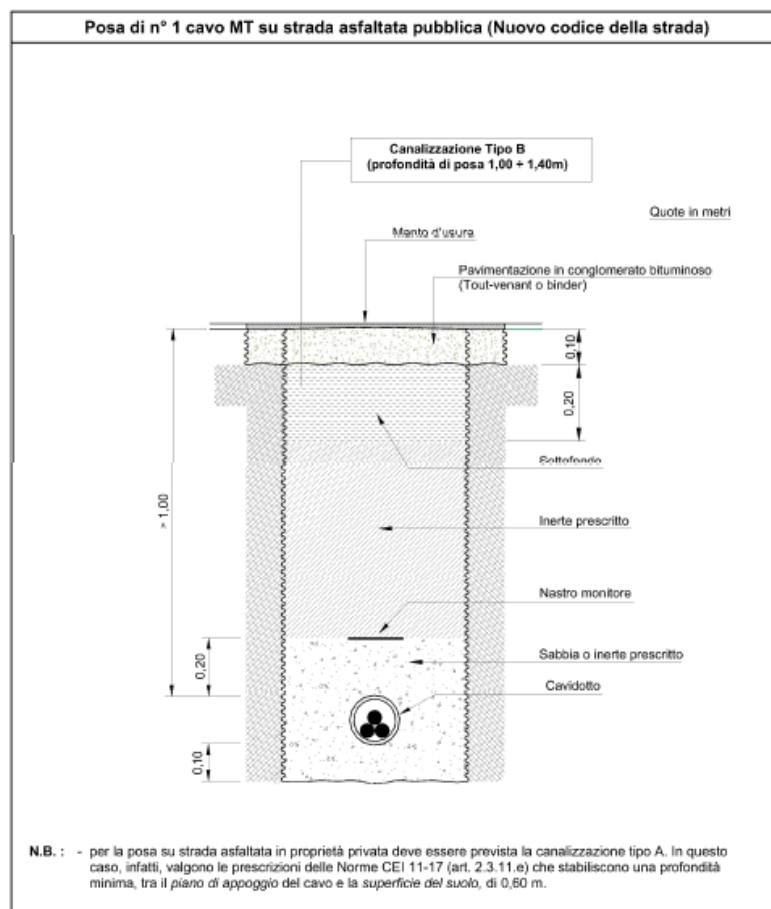
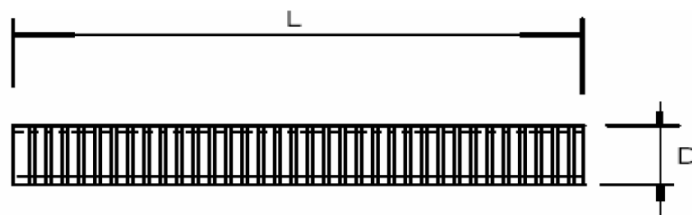


Figura 4.3: posa sotto strada asfaltata pubblica

Il tubo in corrugato, conforme alle specifiche ENEL, sarà fornito in cantiere arrotolato e posato per una lunghezza totale pari a 1 x 20 m.



N.B.: Il disegno è dato a titolo indicativo.

Matricola	Tipo	D (mm)	L (m)
29 55 10	DS 4247/1	25	50
29 55 11	DS 4247/2	32	50
29 55 12	DS 4247/3	50	50
29 55 13	DS 4247/4	63	50
29 55 14	DS 4247/5	125	50
29 55 15	DS 4247/6	160	25

Il nastro monitorare sarà posato lungo tutta la lunghezza del cavidotto conformemente a quanto previsto in Tabella di unificazione DS 4285.

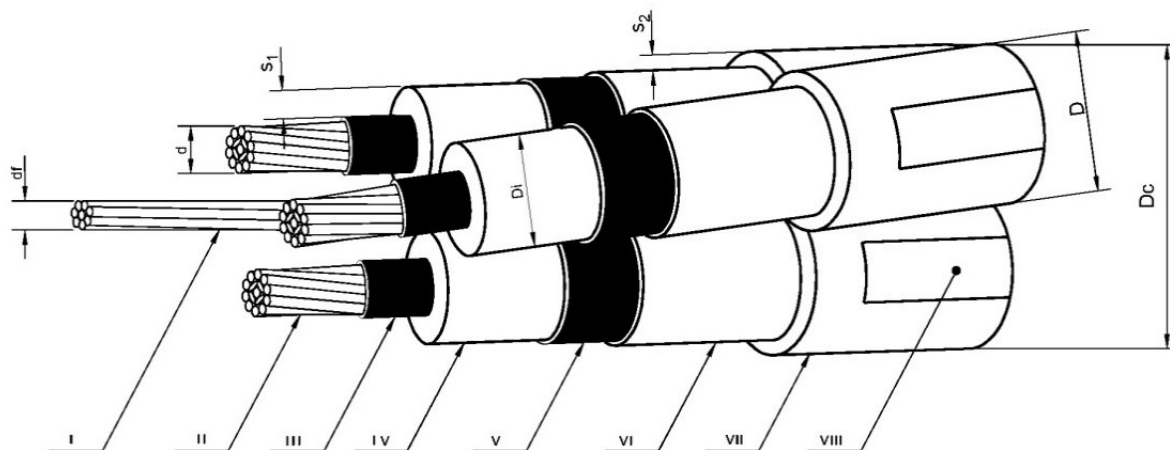
Il riempimento dello scavo sarà realizzato conformemente a quanto riportato negli elaborati grafici allegati.

La risalita dei cavi lungo il palo di capolinea sarà protetta tramite l'utilizzazione di guaina in vetro resina protettiva conforme alle specifiche della tabella di unificazione DS 4237 fino alla quota di 2,5 metri sul livello del piano campagna.

4.4 Linea in cavo aereo

Il progetto prevede la realizzazione di 3 tratte aeree di lunghezza pari a 500 m, costituita da cavo tripolare ad elica visibile per posa aerea a fune portante in acciaio con conduttori in alluminio di sezione pari a 35 mmq e isolato in XLPE (3x35+1x50) conforme alla tabella di unificazione ENEL DC 4390, matricola 332262.

Di seguito si riportano i dati caratteristici della tipologia di cavo ricavati dalla tabella di riferimento delle specifiche ENEL - DC4390. Come specificato i dati del cavo interrato della linea in progetto sono quelli relativi alla matricola 332262 con isolamento in XLPE.



- I - Fune portante
 II - Conduttore
 III - Strato semiconduttore
 IV - Isolante
 V - Strato semiconduttore
 VI - Schermo
 VII - Guaina
 VIII - Stampigliatura

PROSPETTO I - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Matricola	Tipo	Formazione (n x mm ²)	Diametro cirscritto nominale Dc (mm)	Massa Nominale (Kg/Km)	Portata (1) (A)	Corrente nominale termica di corto circuito (2)		
						Conduttore (kA)	Schermo (kA)	Schermi e fune (kA)
33 22 62	DC 4390/1	3x35+50Y	54	1600	140	4,6	1,9	8,8
33 22 63	DC 4390/4	3x50+50Y	56	1800	170	6,5	2,0	9,0
33 22 64	DC 4390/2	3x95+50Y	63	2400	255	12,5	2,2	9,5
33 22 65	DC 4390/3	3x150+50Y	69	3100	340	19,5	2,5	10,5

DATI CARATTERISTICI DEI CAVI CORDATI SU FUNE PORTANTE PER LINEE AEREE MT

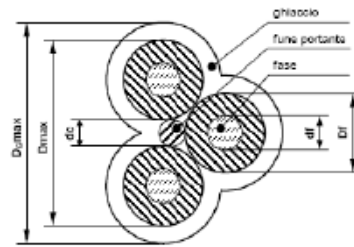


Tabella unificazione	DC4390 (Ed.1 – Ottobre 2006)			
Matricola	33 22 62	33 22 63	33 22 64	33 22 65
Tipi unificati	DC4390/1	DC4390/2	DC4390/3	DC4390/4
Formazione	3x35+50Y	3x50+50Y	3x95+50Y	3x150+50Y
Massa fascio scarico [kg/m]	1,600	1,800	2,400	3,100
Peso fascio scarico [daN/m]	1,5696	1,7658	2,3544	3,0411
Peso ghiaccio [daN/m]	1,3674	1,4335	1,6233	1,7806
Carico verticale totale [daN/m]	2,9370	3,1993	3,9777	4,8217
Diametro del conduttore d _c [mm]	6,8	7,9	11,2	13,8
Diametro esterno medio fase D _f [mm]	22,50	23,65	27,10	30,00
Diametro max fascio [mm]	54,0	56,0	63,0	69,0
Diametro esterno medio fase [mm]	22,5	23,65	27,1	30,0
Diametro max fascio + manicotto [mm]	70,0	72,0	79,0	85,0
Spinta vento a 100 km/h (MSA) [daN/m]	2,2569	2,3405	2,6330	2,8838
Spinta vento a 50 km/h (MSB) [daN/m]	0,7314	0,7523	0,8254	0,8881
Carico risultante in MSA [daN/m]	2,7490	2,9319	3,5321	4,1910
Carico risultante in MSB [daN/m]	3,0267	3,2866	4,0624	4,9028
Diametro fune portante d _f [mm]	9,0			
Sezione fune portante [mm ²]	49,48			
Carico rottura min. fune portante [daN]	5980			
Modulo elastico fune [daN/mm ²]	15200			
Coefficiente dilatazione lineare [°C ⁻¹]	0,000013			

Si prevede l'impiego dei seguenti tipi di sostegni in lamiera saldata a sezione ottagonale, conformi alle specifiche della tabella di unificazione DS 3010, infissi su blocchi di fondazione in calcestruzzo cementizio e messi in buona comunicazione con la terra. I sostegni previsti sono così riassunti:

TRATTO	PICCHETTO	TIPO	MATRICOLA
AB	1	16/H/24	237385
	2	16/G/24	237375
	3	16/G/24	237375
	4	14/G/24	237374
	5	12/J/28	237393
CD	1	12/H/24	237273

	2	12/D/15	237233
	3	12/G/24	237263
	4	12/G/24	237263
	5	12/D/15	237233
	6	12/D/15	237233
	7	12/D/15	237233
	8	12/D/15	237233
	9	12/D/15	237233
	10	12/D/15	237233
	11	12/D/15	237233
	12	12/D/15	237233
	13	12/H/24	237273
EF	1	12/J/28	237393
	2	16/H/24	237385
	3	16/H/24	237385
	4	16/H/24	237385
	5	16/H/24	237385

<i>Tipologia palo</i>	Numero totale
<i>12/D/15</i>	9
<i>12/G/24</i>	2
<i>12/H/24</i>	2
<i>12/J/28</i>	2
<i>14/G/24</i>	1
<i>16/G/24</i>	2
<i>16/H/24</i>	5
<i>Totale complessivo</i>	23

Le fondazioni previste sono sempre interrate del tipo M1.

La linea sarà realizzata secondo la seguente tabella di picchettazione.

	CARATT. PALI DI NUOVA REALIZZAZIONE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE																	CARATTERISTICHE CAMPATA			
	PALI										FONDAZIONI										
TRATTO	PICCHETTO	QUOTA BASE DEL PALO	Cm	ANGOLO DEVIAZIO	K	TIPO	MATRICO LA	H	DIAMETRO BASE [m]	TIPO ARMAMENTO	CATEGORIA	h [m]	c [m]	e [m]	a [m]	Volume scavo [mc]	Volume cls [mc]	CAMPATA	DISLIVELLO	L planimetrico a [m]	Leq [m]
AB	1	997,099	16,17	0	-0,00399	16/H/24	237385	16,00	0,705	AMARRO	M_1_interrata	1,6	2	0,4	3,2	24,58	19,86				38,6
	2	997,428	32,34	0	-0,01824	16/G/24	237375	16,00	0,596	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,6	1,9	0,3	2,2	11,13	8,75	P1-P2	0,3	32,3	-
	3	998,018	37,51	0	-0,20311	16/G/24	237375	16,00	0,596	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,6	1,9	0,3	2,2	11,13	8,75	P2-P3	0,6	32,3	-
	4	1008,486	42,68	0	0,003679	14/G/24	237374	14,00	0,545	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,4	1,7	0,3	2,7	15,31	12,07	P3-P4	10,468	42,676	-
	5	1009,929	21,34	0	#DIV/0!	12/J/28	237393	12,00	0,668	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,6	0,4	3,5	24,50	19,18	P4-P5	1,4	42,7	-
CD	1	1009,929	7,50	0	-0,08509	12/H/24	237273	12,00	0,62	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,5	0,3	3,2	19,46	15,00				50,2
	2	1011,205	34,41	0	-0,01551	12/D/15	237233	12,00	0,335	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P1-P2	1,3	15,0	-
	3	1012,04	53,82	15	0,008528	12/G/24	237263	12,00	0,525	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,5	0,3	2,7	13,85	10,68	P2-P3	0,8	53,8	-
	4	1011,581	55,23	2	-0,0066	12/G/24	237263	12,00	0,525	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,5	0,3	2,7	13,85	10,68	P3-P4	-0,459	53,822	-
	5	1012,155	51,61	0	-0,03235	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P4-P5	0,6	56,6	-
	6	1013,462	46,59	1	0,084374	12/D/15	237233	12,00	0,335	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P5-P6	1,3	46,6	-
	7	1009,731	47,03	0	-0,0059	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P6-P7	-3,7	46,6	-
	8	1010,011	37,06	0	0,257166	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P7-P8	0,3	47,5	-
	9	1003,157	27,95	0	0,200137	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P8-P9	-6,854	26,652	-
	10	997,305	35,83	0	0,100768	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P9-P10	-5,9	29,2	-
	11	993,03	44,02	0	0,321804	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P10-P11	-4,3	42,4	-
	12	978,348	30,42	0	0,255523	12/D/15	237233	12,00	0,335	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,2	1,4	0,2	1,6	4,61	3,48	P11-P12	-14,7	45,6	-
	13	974,262	7,60	0	#DIV/0!	12/H/24	237273	12,00	0,62	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,5	0,3	3,2	19,46	15,00	P12-P13	-4,1	15,2	-
EF	1	948	19,74	0	0,056987	12/J/28	237393	12,00	0,668	AMARRO	M_1_interrata	1,2	1,6	0,4	3,5	24,50	19,18				57,5
	2	941,85	47,69	0	-0,01648	16/H/24	237385	16,00	0,705	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,6	2	0,4	3,2	24,58	19,86	P1-P2	-6,1	39,5	-
	3	942,571	64,25	0	-0,03194	16/H/24	237385	16,00	0,705	AMARRO	M_1_interrata	1,6	2	0,4	3,2	24,58	19,86	P2-P3	0,7	55,9	-
	4	945,09	47,69	0	0,023497	16/H/24	237385	16,00	0,705	SOSPENSIONE	M_1_interrata	1,6	2	0,4	3,2	24,58	19,86	P3-P4	2,5	72,6	-
	5	944,855	11,38	0	#DIV/0!	16/H/24	237385	16,00	0,705	AMARRO	M_1_interrata	1,6	2	0,4	3,2	24,58	19,86	P4-P5	-0,2	22,8	-

4.5 VERIFICHE SOSTEGNI

La verifica dei cavi è stata fatta ai sensi del Decreto D.M. 449 del 21 Marzo 1988 utilizzando le caratteristiche del cavo riportate in tabella.

Per le linee in cavidotto non autoportante, il decreto prevede la verifica per la sola fune portante art.2.2.06.

Sezione teorica SII	mm ²	49.48
massa teorica P	kg/m	3.7
peso specifico gamma		0.074777
modulo elasticità E	kg/mm ²	15816
Coeff. dilatazione termica alfa	1/°C	0.000013
carico di rottura	kg	6220
a*=T0/P	m	325
T0	kg	690
diametro	mm	9

Tabella 1 – caratteristiche del cavo

La fune portante è stata quindi verificata nelle condizioni EDS, di Massimo Sforzo Ammissibile (MSB) e di Massima Freccia Ammissibile (MFB) per la zona A, entro cui l'area oggetto di intervento ricade.

La normativa prevede 3 ipotesi di calcolo per i conduttori:

1. Per le condizioni EDS si verifica che il carico sia pari al 25% del carico di rottura;
2. Nelle condizioni di MSB deve essere verificato che il carico sia inferiore al 40% del carico di rottura;
3. Nelle condizioni di MFB devono essere rispettate le distanze di sicurezza previste dalla normativa.

Di seguito sono riportate le equazioni utilizzate per la verifica dei conduttori nelle varie ipotesi di carico e tenendo conto anche della variazione di temperatura tramite le equazioni di cambiamento di stato.

La sollecitazione unitaria σ_1 del conduttore di prima approssimazione si calcola a partire dal Tiro orizzontale (EDS) T_0 calcolato come:

$$T_0 = a^* * P$$

$$\sigma_1 = \frac{T_0}{s_{L1}}$$

Dove:

a^* : parametro di primo tentativo;

P : massa teorica del conduttore;

σ_1 : sollecitazione unitaria del conduttore;

S_{L1} sezione teorica del conduttore.

L'effetto di ghiaccio e vento viene integrato tramite il calcolo della forza risultante F_d :

$$F_d = g_g * P + g_g * Q_w + g_g * P_k$$

Dove:

γ_g : coefficiente parziale di carico per i conduttori;

γ_q : coefficiente parziale di carico per i carichi di ghiaccio o neve e per la spinta del vento;

P : massa teorica del conduttore;

Q_w : carico del vento sul conduttore;

P_k : peso del ghiaccio sul conduttore.

Si procede quindi, tramite le equazioni del cambiamento di stato, a valutare il cambiamento delle sollecitazioni sul conduttore al variare di temperatura e del carico generato dal vento e dal ghiaccio. Si calcolano quindi i parametri N_1 e M_1 per poter calcolare la sollecitazione unitaria sul conduttore

$$N_1 = [(a^2 * \gamma^2 * E) / (24 * \sigma_1^2)] - (\sigma_1 + \alpha * dt * E)$$
$$\sigma_1^* = \sqrt{[M_1 / (\sigma_1^* + N_1)]}$$

Dove:

a : lunghezza reale della campata;

γ : peso specifico del conduttore;

E : modulo di elasticità;

α : coefficiente di dilatazione termica;

γ_d : peso specifico del conduttore nelle varie situazioni di verifica;

dt : variazione di temperatura tra i 15°C della condizione di EDS e la temperatura di verifica.

Trovati i due parametri N_1 e M_1 si calcola lo sforzo orizzontale a metà campata σ_1^* per unità di sezione, dato da un'equazione cubica che si risolve per tentativi fin tanto che i valori a destra e sinistra dell'equazione non siano uguali con una buona approssimazione.

Lo sforzo orizzontale si calcola come:

$$\sigma_1 = \sigma_1^* * S_{L1}$$

il parametro C come rapporto fra lo sforzo orizzontale e il carico risultante si trova tramite l'equazione:

$$C = \sigma_1 / F_d$$

Da cui dipende la freccia della campata f_l :

$$f_1' = a^2 / (8 \cdot C)$$

Si determina il coefficiente “k” che serve per portare la freccia della campata a livello f_1' in saetta a metà campata f_1 in quanto i sostegni sono a dislivello, per cui freccia e saetta non coincidono.

$$k' = \sqrt{1 + (h^2/a^2)}$$

$$f_1 = f_1' \cdot k'$$

Dove:

h: dislivello agli attacchi;

a: lunghezza reale della campata.

Sono state poi trovate le sollecitazioni assiali agli attacchi riferiti al conduttore sapendo che in condizioni di EDS il tiro orizzontale è pari a T_0 .

Lo sforzo assiale a metà campata T_m è uguale a:

$$T_m = T_0 / \cos \Psi$$

$$\cos \Psi = a / a_1$$

$$a_1 = \sqrt{a^2 + h^2}$$

Dove:

Ψ : angolo fra la retta orizzontale che unisce i due sostegni e quella inclinata ai loro vertici;

a_1 : campata inclinata.

La sollecitazione assiale all'attacco inferiore è data da:

$$\sigma_1^- = T_m + P \cdot [(P \cdot a_1^2) / (8 \cdot T_m) - (h/2)]$$

La sollecitazione assiale all'attacco superiore si trova da:

$$\sigma_1^+ = T_m + P \cdot [(P \cdot a_1^2) / (8 \cdot T_m) + (h/2)]$$

Infine, per trovare la sollecitazione verticale rispettivamente all'attacco superiore e inferiore basta applicare il teorema di Pitagora essendo due vettori:

$$\sigma_{1v}^+ = \sqrt{(\sigma_1^+)^2 - \sigma_1^2}$$

$$\sigma_{1v}^- = \sqrt{(\sigma_1^-)^2 - \sigma_1^2}$$

Per convenzione si prendono positive le forze dirette verso il basso e negative quelle dirette verso l'alto. Si deve verificare se la sollecitazione verticale all'attacco inferiore sia da prendere con segno negativo o meno. Dal momento che la campata ha un dislivello tra gli ancoraggi tale da verificare la relazione di seguito indicata, la sollecitazione verticale all'attacco inferiore assume segno negativo.

$$a < \sqrt{2 \cdot C \cdot h}$$

A valle dei calcoli fatti, si accerta che siano rispettate le condizioni di verifica per i conduttori.

LINEA NUOVA REALIZZAZIONE							
TRATTO	CAMPATA	Verifica	Sollecitazione assiale a metà campata Tm	Carico di rottura (kg)	Percentuale di carico	Saetta [m]	Verifica delle condizioni nelle ipotesi di calcolo
AB	P1-P2	EDS	1110,2	6220	18%	0,44	OK
		MSB	1311,7		21%	0,43	OK
		MFB				0,57	OK
	P2-P3	EDS	1149,2		18%	0,44	OK
		MSB	1357,8		22%	0,43	OK
		MFB				0,57	OK
	P3-P4	EDS	1110,0		18%	0,77	OK
		MSB	1310,0		21%	0,77	OK
		MFB				0,96	OK
	P4-P5	EDS	1110,0		18%	0,76	OK
		MSB	1310,0		21%	0,76	OK
		MFB				0,94	OK
BC	P1-P2	EDS	1111,7	6220	18%	0,09	OK
		MSB	1316,4		21%	0,09	OK
		MFB				0,15	OK
	P2-P3	EDS	1110,0		18%	1,21	OK
		MSB	1308,7		21%	1,20	OK
		MFB				1,42	OK
	P3-P4	EDS	1110,0		18%	1,21	OK
		MSB	1308,7		21%	1,20	OK
		MFB				1,42	OK
	P4-P5	EDS	1110,4		18%	1,34	OK
		MSB	1308,9		21%	1,33	OK
		MFB				1,56	OK
	P5-P6	EDS	1113,9		18%	0,90	OK
		MSB	1314,1		21%	0,90	OK

		MFB				1,10	OK
	P6-P7	EDS	1110,0		18%	0,91	OK
		MSB	1309,5		21%	0,90	OK
		MFB				1,10	OK
	P7-P8	EDS	1121,5		18%	0,94	OK
		MSB	1322,9		21%	0,94	OK
		MFB				1,13	OK
	P8-P9	EDS	1136,4		18%	0,31	OK
		MSB	1343,7		22%	0,30	OK
		MFB				0,42	OK
	P9-P10	EDS	1121,8		18%	0,36	OK
		MSB	1325,9		21%	0,36	OK
		MFB				0,49	OK
	P10-P11	EDS	1174,6		19%	0,75	OK
		MSB	1386,2		22%	0,75	OK
		MFB				0,93	OK
	P11-P12	EDS	1114,0		18%	0,91	OK
		MSB	1314,3		21%	0,91	OK
		MFB				1,11	OK
	P12-P13	EDS	1110,0		18%	0,10	OK
		MSB	1314,3		21%	0,10	OK
		MFB				0,15	OK
CD	P1-P2	EDS	1110,3	6220	18%	0,65	OK
		MSB	1310,8		21%	0,65	OK
		MFB				0,82	OK
	P2-P3	EDS	1111,0		18%	1,30	OK
		MSB	1309,6		21%	1,30	OK
		MFB				1,52	OK
	P3-P4	EDS	1110,0		18%	2,20	OK
		MSB	1307,3		21%	2,19	OK

		MFB				2,45	OK
	P4-P5	EDS	1110,0		18%	0,22	OK
		MSB	1313,1		21%	0,21	OK
		MFB				0,31	OK

Tabella 2 - Tabella riassuntiva delle verifiche eseguite per la linea di nuova realizzazione

A seguito delle verifiche svolte è stato possibile verificare il rispetto dei franchi sul terreno. Le distanze di rispetto dal terreno sono state calcolate ai sensi della Legge 449/88 che prevede per le linee oggetto del presente progetto un franco dal terreno di 5 metri.

4.5.1 Verifica dei sostegni

Delle forze agenti in testa al palo sono state considerate solo quella trasversale e longitudinale in quanto la resistenza del palo agli sforzi verticali, che comunque sono molto ridotti, è infinitamente grande.

Come nel caso degli armamenti, le forze trasversali sono ora considerate quelle orientate come la spinta del vento. Questa è presa perpendicolare alla bisettrice dell'angolo formato dai conduttori della linea in ogni sostegno.

I tiri equivalenti vengono confrontati con il tiro utile fornito nelle linee guida di ENEL per la categoria di palo scelta nelle varie ipotesi di carico.

Per tiri utili si intendono le massime azioni orizzontali trasmissibili ai sostegni da parte del cavo, al netto della spinta del vento sul sostegno. Essi sono indipendenti dalla categoria tecnologica (c.a.c. o acciaio) e, per ciascun tipo, dall'altezza.

Tratto	Palo	Tipo	T _e : Tiro equivalente (kg)	T _u : Tiro utile (kg)	T _p : Tiro prova (kg)
AB	1	16/H/24	1439,77	2507	5014
	2	16/G/24	200,83	1327	2654
	3	16/G/24	224,76	1327	2654
	4	14/G/24	238,03	1324	2648
	5	12/J/28	1424,40	4380	8760
CD	1	12/H/24	1461,82	2500	5000
	1	12/H/24	1461,82	2500	5000
	2	12/D/15	187,74	430	860
	3	12/G/24	645,77	1321	2642
	4	12/G/24	336,56	1321	2642
	5	12/D/15	257,82	430	860

	6	12/D/15	259,46	430	860
	7	12/D/15	242,20	430	860
	8	12/D/15	199,28	430	860
	9	12/D/15	155,71	430	860
	10	12/D/15	192,41	430	860
	11	12/D/15	228,59	430	860
	12	12/D/15	172,87	430	860
	13	12/H/24	1461,30	2500	5000
EF	1	12/J/28	1429	4380	8760
	2	16/H/24	278	2507	5014
	3	16/H/24	353	2507	5014
	4	16/H/24	283	2507	5014
	5	16/H/24	1452	2507	5014

Tabella 3 - Tabella riassuntiva delle verifiche eseguite sui pali

4.5.2 Verifica della fondazione del sostegno

Per la verifica della fondazione si confronta il momento rovesciante dato dal tiro in testa al sostegno con il momento stabilizzante dato dal contributo del terreno e dal peso della struttura.

Il tiro in testa ai pali comprende il contributo del vento agente sulla linea e sui pali stessi.

Il peso totale gravante P_{TG} è dato dalla somma del peso del palo, dal peso del calcestruzzo, del terreno sopra la fondazione (nel caso di fondazione affiorante è trascurabile), dal peso degli isolatori con relativa mensola, dal peso dei conduttori e dal peso di eventuali trasformatori.

Il momento stabilizzante M_S e momento rovesciante M_R sono calcolati come:

$$M_S = \gamma_T * a * c^3 + 0,85 * P_{TG} * a/2$$

$$M_R = T_e * H_T$$

Dove:

γ_d : peso specifico contributo terreno;

a : larghezza fondazione;

c : altezza interrimento totale;

T_e : tiro equivalente in testa al palo;

H_T : altezza totale del palo.

TRATTO	Palo	MR Momento rovesciante (kg*m)	MS Momento stabilizzante (kg*m)	VERIFICA
AB	1	23.610	85.262	OK
	2	3.249	32.971	OK
	3	3.639	32.989	OK
	4	3.384	43.565	OK
	5	17.662	77.679	OK
BC	1	17.980	55.599	OK
	2	2.280	9.331	OK
	3	7.926	35.915	OK
	4	4.123	35.921	OK
	5	3.135	9.374	OK
	6	3.155	9.361	OK
	7	2.945	9.363	OK
	8	2.421	9.337	OK
	9	1.890	9.315	OK
	10	2.337	9.334	OK
	11	2.779	9.355	OK
	12	2.099	9.321	OK
	13	17.973	55.600	OK
CD	1	17.719	77.670	OK
	2	4.534	85.420	OK
	3	5.758	85.504	OK
	4	4.622	85.420	OK
	5	23.808	85.238	OK

Tabella 4: verifica fondazioni

5 OPERE AT

Opera principale della presente connessione è rivestita dalla cabina primaria. Trattasi in questo caso di una soluzione diretta a 220 kV che sarà alimentata direttamente dalla dorsale principale di Terna Spa “San Colombano Avenza” appunto a 220 kV. Nella figura sottostante si riporta il tracciato della linea esistente.



Figura 5.1: vista generale linea a 220 kV

La zona in esame è attualmente oggetto di numerosi interventi che vedono da un lato lo sviluppo del potenziale eolico e dall'altro il potenziamento della rete esistente.

È infatti in costruzione la nuova sottostazione di Terna Spa a servizio delle nuove connessioni in ingresso di due produttori eolici lungo il crinale del Passo di Cento Croci.

Di seguito si riporta uno schema della cabina in costruzione.

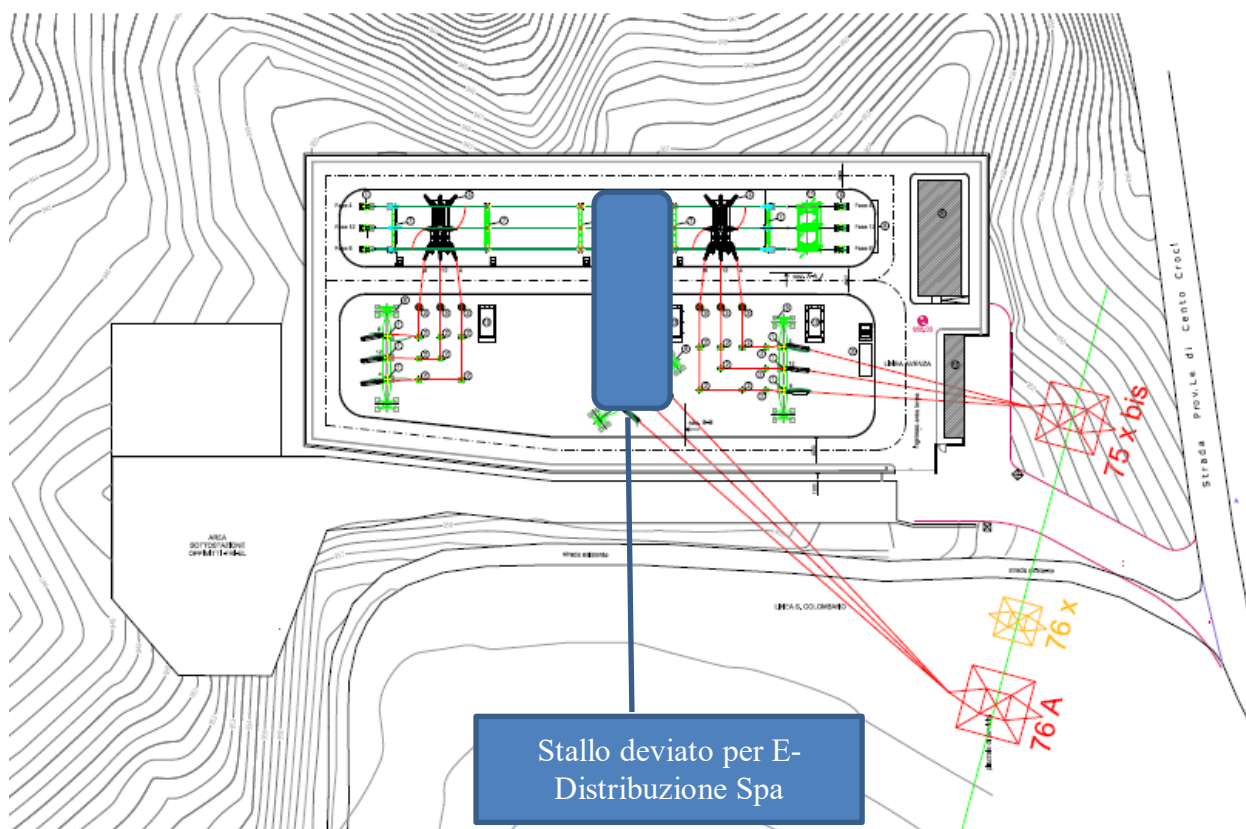


Figura 5.2: estratto del progetto della sottostazione di Terna Spa redatto nel 2019.

La soluzione evidenziata nel preventivo per la connessione, prevede dunque la predisposizione dello stallo nell'area evidenziata in blu da parte di Terna Spa e la realizzazione di una linea aerea verso la nuova cabina primaria secondo lo schema riportato sotto.

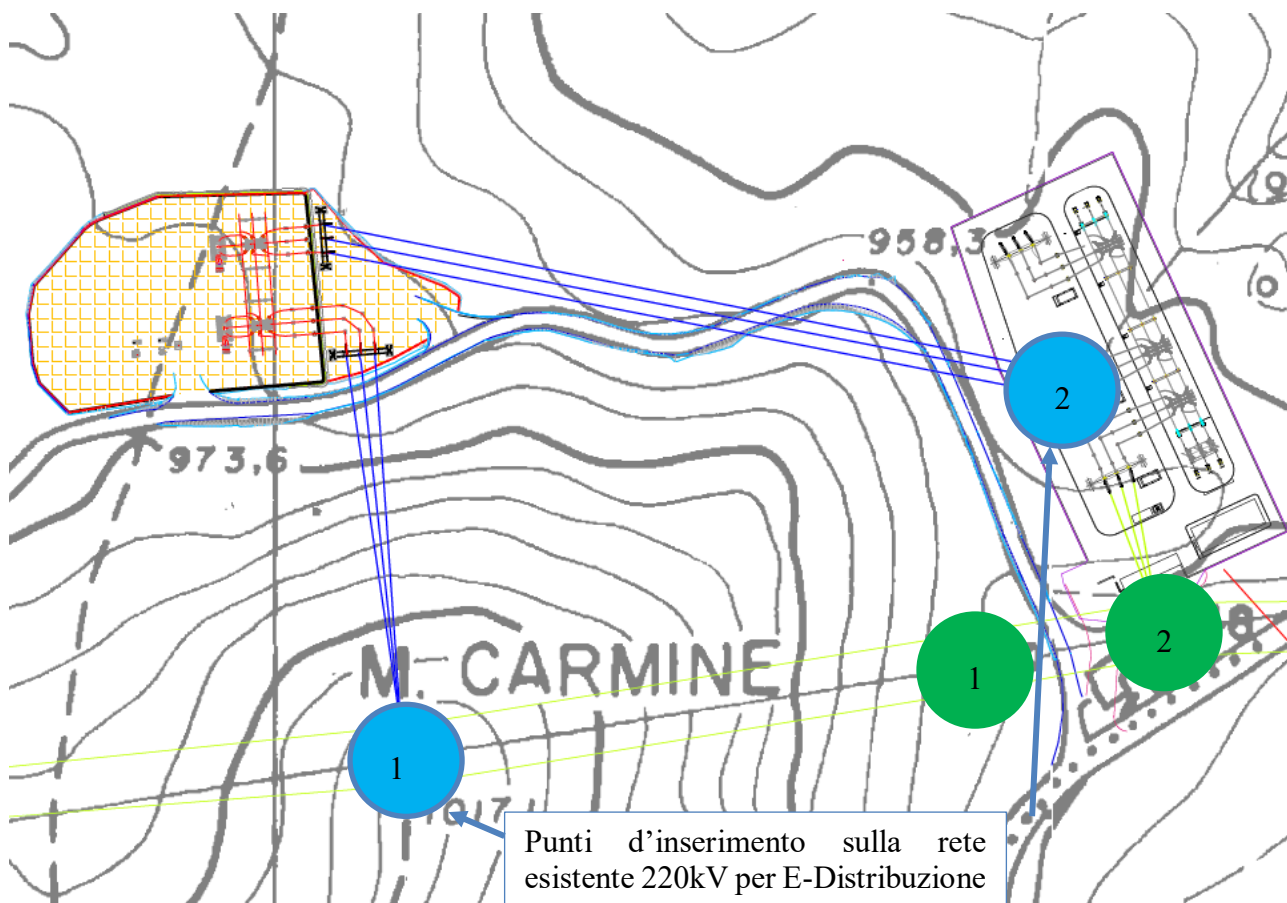


Figura 5.3: estratto schema connessione AT

Di seguito si riporta il profilo longitudinale della linea esistente passante sul Monte Carmine.

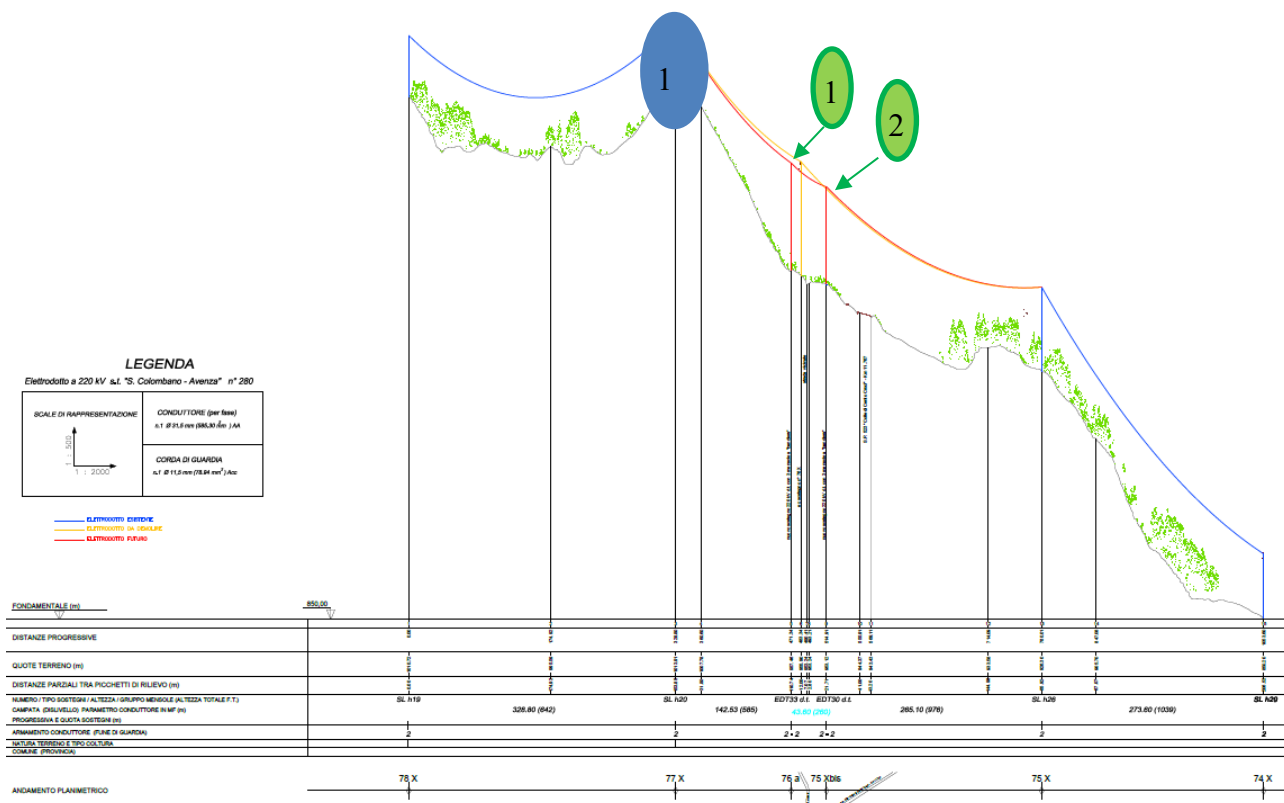


Figura 5.4: estratto del profilo longitudinale della linea AT esistente oggetto di modifica da parte di Terna SPA. I cerchi in colore verde indicano i nuovi entra-esce sulla linea AT San Colombano Avenza per l'inserimento della sottostazione Terna in costruzione.



Figura 5.5: fotografia del traliccio 1 (Cerchio blu) collocato sul M.te Carmine

La connessione così strutturata consentirà di creare un anello che ingloba al suo interno la rete esistente AT e la sottostazione di Terna Spa in costruzione.

5.1 Cabina primaria AT

La collocazione della cabina primaria è stata oggetto di particolari studi. Si è cercato infatti di trovare un luogo che fosse il più possibile “nascosto” alle principali viste del territorio e libero da movimenti franosi e al contempo vicino alla sottostazione in costruzione al fine di limitare i lavori infrastrutturali relativi al suo collegamento. La scelta è ricaduta sull’area sopra evidenziata, una zona a prato, libera da vegetazione arbustiva.



Figura 5.6: stato attuale della zona interessata dall'intervento

La presenza poi di aree boscate ha limitato il classico sviluppo in pianta della cabina secondo gli standard Enel. Da qui la scelta ingegneristica di svilupparla su due livelli diversi sfalsati tra loro di circa 4/5 metri, ciascuno dotato di proprio accesso. Nella parte più bassa sono stati collocati i tralicci AT mentre nella parte più alta, la cabina, la zona dei Pettersen, i trasformatori e le altre opere elettromeccaniche. Ciascuna piazzola è dotata di tutto lo spazio necessario per le manovre dei mezzi e le installazioni iniziali.

Per questo anche la strada esistente è stata riprogettata allargandola e rendendo alcune curve più ampie e percorribili dai mezzi pesanti. Si rimanda al capitolo dedicato 5.1.3.

Fanno parte di tale opera le tavole allegate alla presente relazione ed in particolare:

- TOR-24-200: Stato attuale
- TOR-25-102: Planimetria fondazioni
- TOR-26-103: Architettonico cabina
- TOR-27-104: Planimetria apparecchiature
- TOR-28-105: Sezioni longitudinali e trasversali cabina
- TOR-29-112: Recinzioni;
- TOR-30-100: Unifilare AT
- TOR-30-101: Unifilare MT.

Di seguito si riporta un estratto della tavole riportanti lo stato attuale e di progetto, affiancate tra loro, come ad effettuare un raffronto.

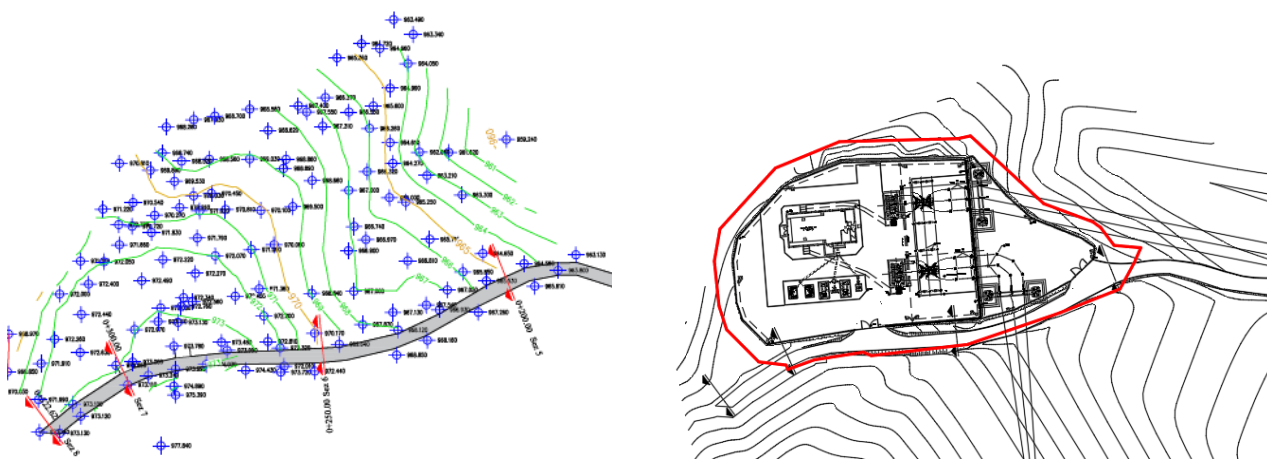


Figura 5.7: raffronto tra stato attuale e stato di progetto.

All'interno della cabina saranno posizionati i seguenti elementi:

- Fabbricato di cabina delle dimensioni di 20x10 m comprensivo di tutti i moduli bipiano previsti dallo schema elettrico unifilare MT
- Moduli di rifasamento e Pettersen;
- Due trasformatori della potenza di 25 MVA a 220/15 kV;
- TV;
- Scaricatori;
- Isolatori;
- Tralicci.

I due livelli della cabina, base AT (riferito al piano su cui insistono trasformatori e fabbricato di cabina) e base Tralicci (quello in cui sono collocati solo i tralicci), avranno ciascuno un piano campagna che seguirà, nelle proprie pendenze di progetto, l'andamento attuale del terreno. Questo ha consentito di ridurre il più possibile le zone di riporto e salvaguardare i vincoli presenti, con ampio margine di sicurezza.

Le superfici così ottenute sono in grado di rimuovere autonomamente le acque piovane superficiali e dirigerle autonomamente verso i canali di scolo laterali e poi verso i ricettori naturali ivi presenti.

5.1.1 Fabbricato di cabina

Il fabbricato di cabina sarà del tipo prefabbricato delle dimensioni di 10x20 m

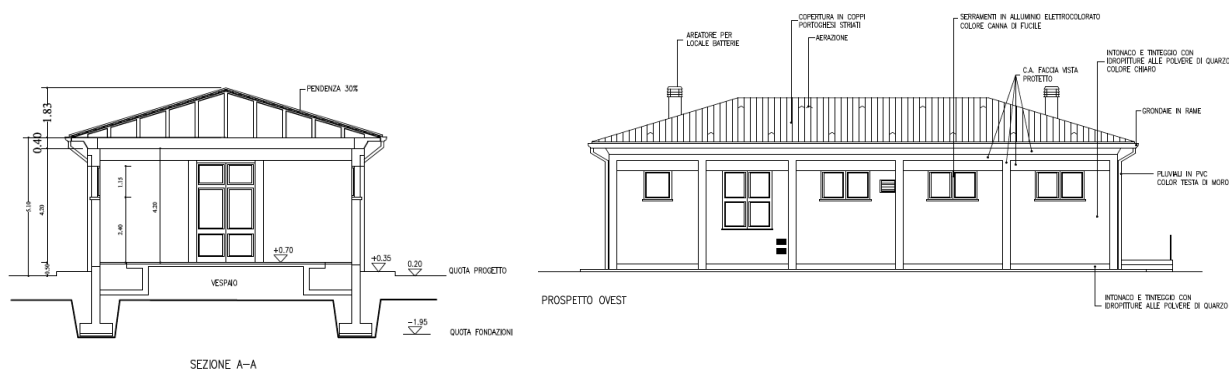


Figura 5.8: estratto della tavola TOR 26-103.

Al suo interno saranno collocati tutti gli scomparti previsti dallo schema elettrico unifilare 101.

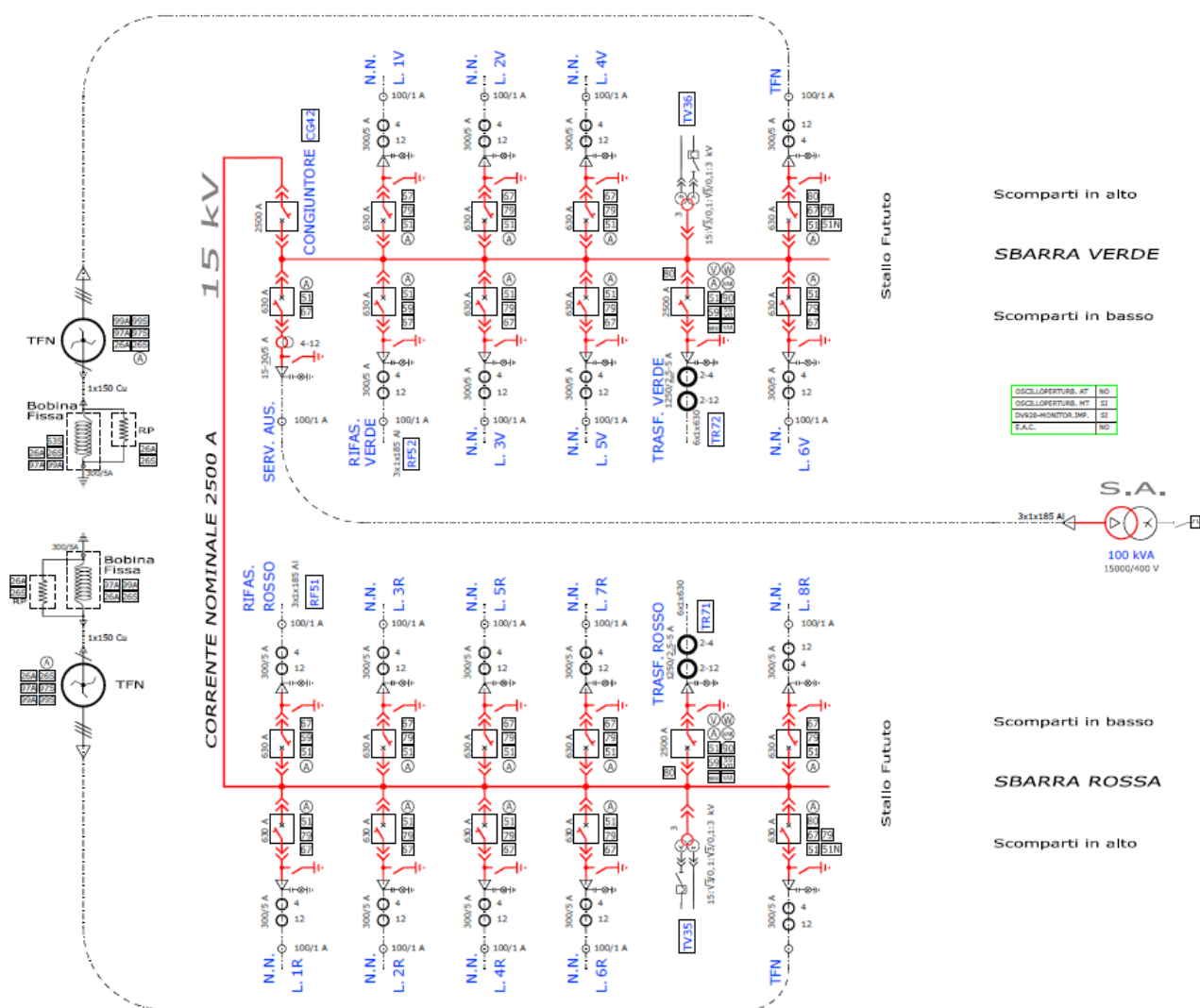


Figura 5.9: estratto schema elettrico unifilare MT di cabina

5.1.2 Tralicci

I tralicci da utilizzarsi sono di altezza 12 m.

Di seguito si riporta uno schema del primo tronco del traliccio e successivamente uno schema di montaggio generico complessivo del traliccio.

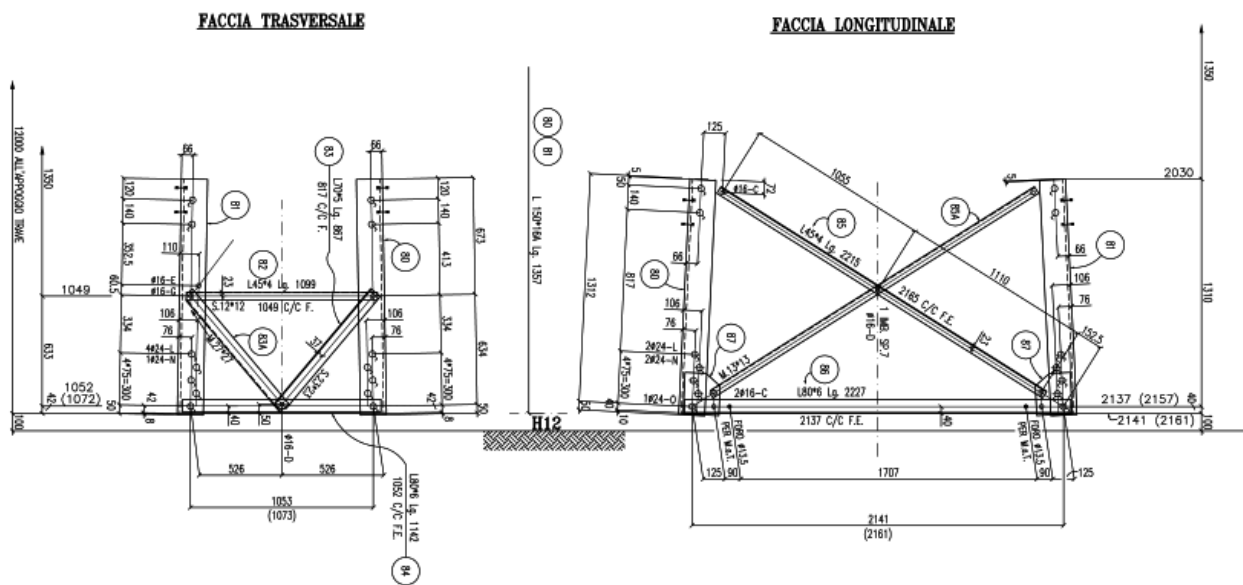
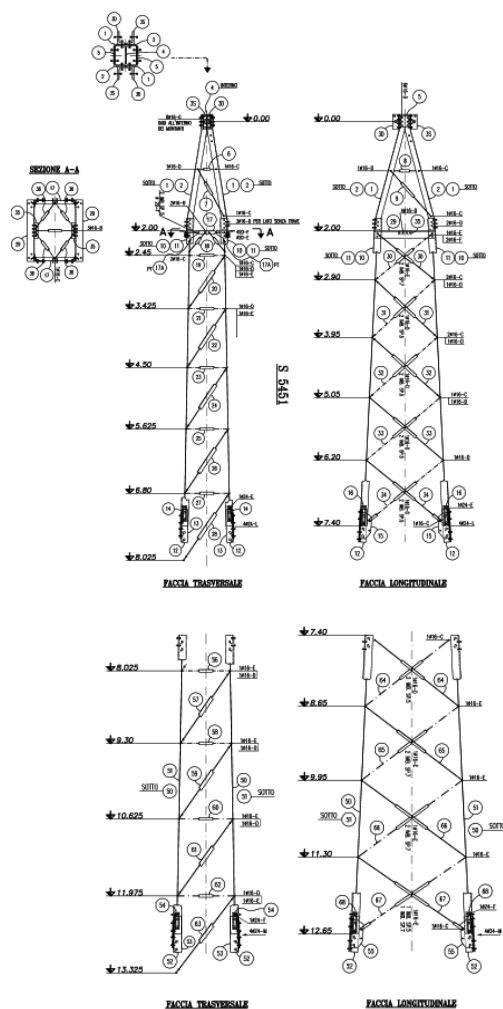


Figura 5.10: base del traliccio H12 m



5.1.3 Strada di accesso

La strada esistente è stata riadattata allo scopo di eseguire tutti i trasporti necessari al completamento della cabina primaria.

Per tale motivo la strada è stata portata ad una larghezza della carreggiata di almeno 4 metri e con curve ampie il cui raggio non scende sotto i 40 m.

6 INTERFERENZE E DISTANZE DI RISPETTO

La linea aerea in progetto sarà soggetta a:

- 1) Attraversamento di viabilità Statale (ex SP 523);
- 2) Incrocio linea AT 220 KV

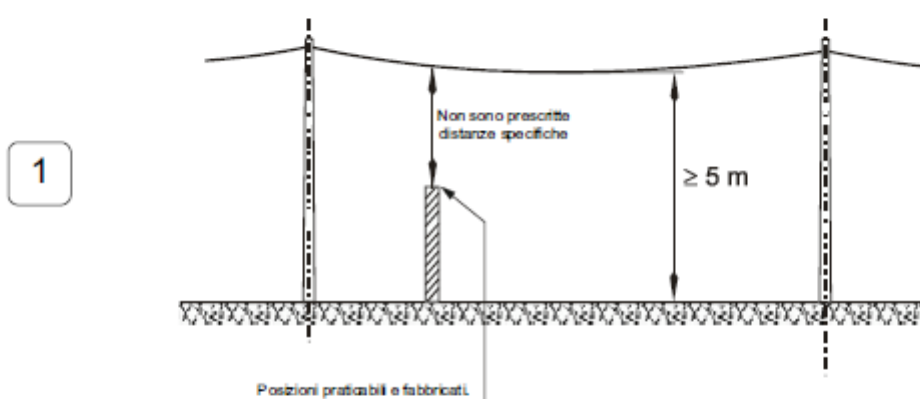
La progettazione ha tenuto conto di quanto riportato nelle seguenti tavole ENEL.

DISTANZE DI RISPETTO
DISTANZE DEI CAVI, SOSTEGNI E FONDAZIONI
DA OPERE INTERFERENTI

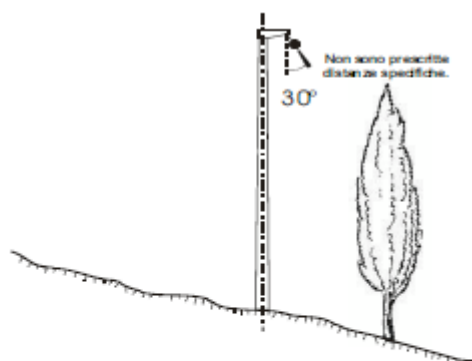
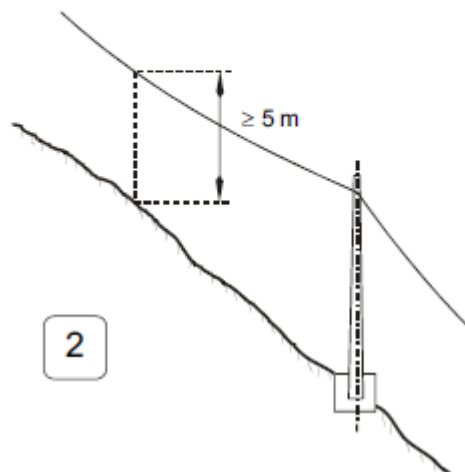
T10.2

Ed. 1 Giugno 2003

- ALTEZZA SUL TERRENO E SULLE ACQUE NON NAVIGABILI
- DISTANZE DA POSIZIONI PRATICABILI E IMPRATICABILI
- DISTANZE DAI FABBRICATI



- I conduttori non devono mai trovarsi nelle condizioni di MF ad un'altezza verticale sul piano di campagna inferiore a 5 m.
- I franchi minimi richiesti sono quelli indicati nelle figure 1, 2, 3; essi devono comunque essere tali da evitare alle persone che si trovino in prossimità della linea, anche se munite di attrezzi di lavoro, il pericolo di contatto.
- E' ammesso derogare da tali prescrizioni quando si tratti di linee sovrapassanti i terreni recintati con accesso riservato al personale addetto all'esercizio elettrico.



DIREZIONE RETE - SUPPORTO INGEGNERIA

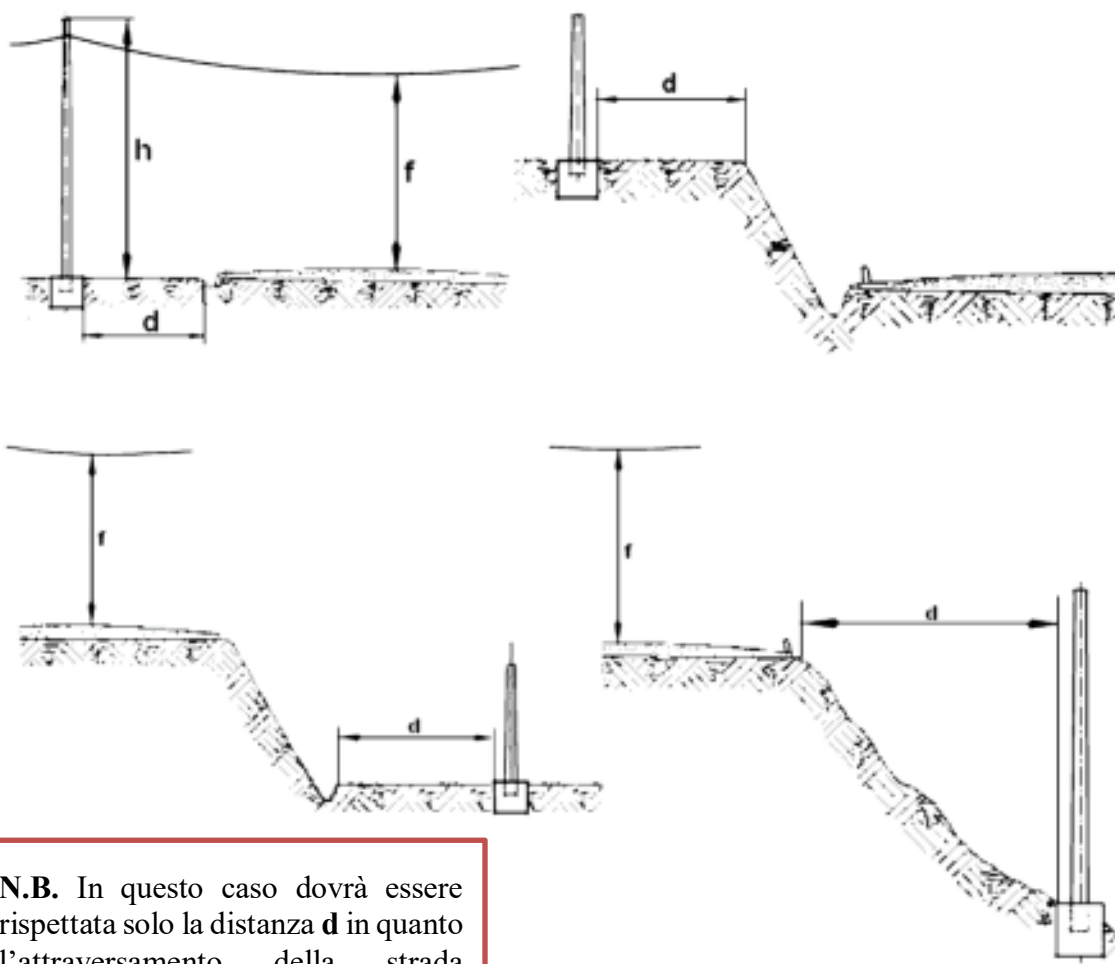
DISTANZE DI RISPETTO
DISTANZE DEI CAVI, SOSTEGNI E FONDAZIONI
DA OPERE INTERFERENTI

T10.4

Ed. 1 Giugno 2003

OPERE INTERFERENTI:

- STRADE STATALI E LORO COLLEGAMENTI NELL'ABITATO
- STRADE PROVINCIALI E LORO COLLEGAMENTI NELL'ABITATO
- STRADE COMUNALI



N.B. In questo caso dovrà essere rispettata solo la distanza **d** in quanto l'attraversamento della strada avverrà sotto strada in cavo interrato

TIPO DI STRADA	f [m]	d [m]	ANGOLO DI INCROCIO ⁽⁴⁾
Statale	≥ 7,30 (7,23)	≥ h ⁽¹⁾	≥ 30°
Provinciale	≥ 7,30 (7,23)	≥ 2/5 h ⁽²⁾	
Comunale	≥ 5	≥ 3 ⁽³⁾	

⁽¹⁾ riducibile previo benestare dell'ANAS o dell'Ente proprietario della strada.

⁽²⁾ nell'abitato è riducibile previo benestare del Genio Civile o dell'Amm.ne Provinciale sino all'installazione in banchina o sul marciapiede.

⁽³⁾ nessuna prescrizione se interna all'abitato.

⁽⁴⁾ prescrizione valida solo al di fuori dell'abitato.

DIREZIONE RETE - SUPPORTO INGEGNERIA

DISTANZE DI RISPETTO
DISTANZE DEI CAVI, SOSTEGNI E FONDAZIONI
DA OPERE INTERFERENTI

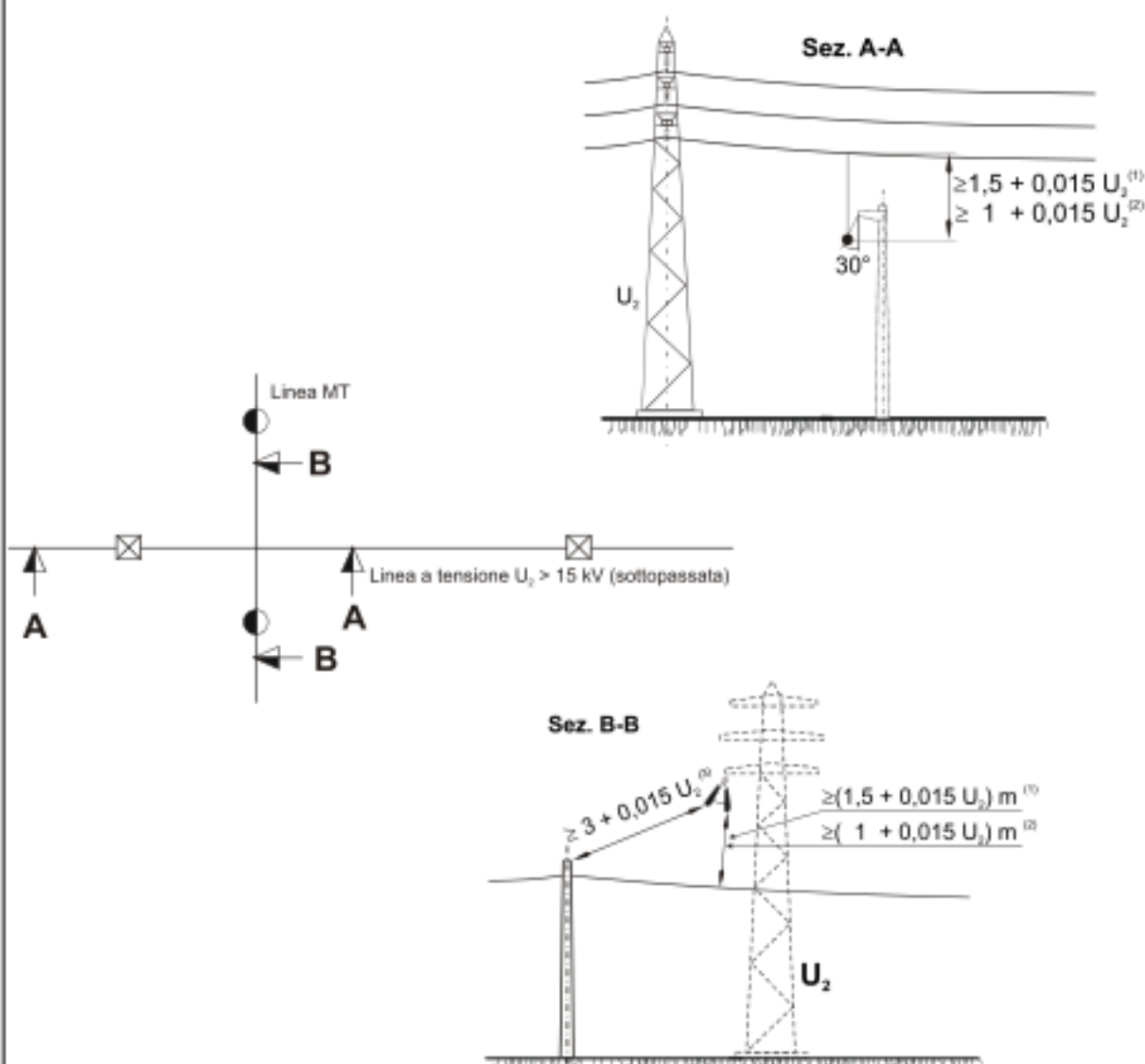
T10.8

Ed. 1 Giugno 2003

OPERE INTERFERENTI:

- LINEE ELETTRICHE DI CLASSI SECONDA E TERZA
ATTRAVERSAMENTO INFERIORE

Angolo di incrocio: nessuna prescrizione


⁽¹⁾ Quando almeno una linea è in sospensione;

⁽²⁾ Quando ambedue le linee sono fissate mediante isolatori rigidi o armamento in amarro in tutti gli attacchi.

⁽³⁾ Tale minimo può essere ridotto a $(1 + 0,015 U_2) \text{ m}$ quando ci sia l'accordo tra i proprietari delle due linee.

7 VALUTAZIONE DPA

Al fine di proteggere la popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici.

Il **valore di attenzione** si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'**obiettivo di qualità** si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), oggetto della relativa Linea Guida di ENEL. Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale;

Sono state elaborate le schede sintetiche con le DPA per le tipologie ricorrenti di linee e cabine elettriche di proprietà di Enel Distribuzione di nuova realizzazione e che possono essere prese a riferimento anche per gli elettrodotti in esercizio.

Dette distanze sono state calcolate in conformità al procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008).

Nelle schede sintetiche sopra citate, allegata alla Linea Guida, sono tabellate le DPA in relazione alla geometria dei conduttori e alla portata di corrente in servizio normale, delle:

- linee AT e Cabine Primarie (CP);
- linee MT e Cabine Secondarie (CS).

Anche per casi complessi, individuati dal suddetto § 5.1.3 (parallelismi, incroci tra linee, derivazioni o cambi di direzioni) è previsto un procedimento semplificato che permette di individuare aree di prima approssimazione (secondo quanto previsto nel successivo § 5.1.4), che hanno la medesima valenza delle DPA.

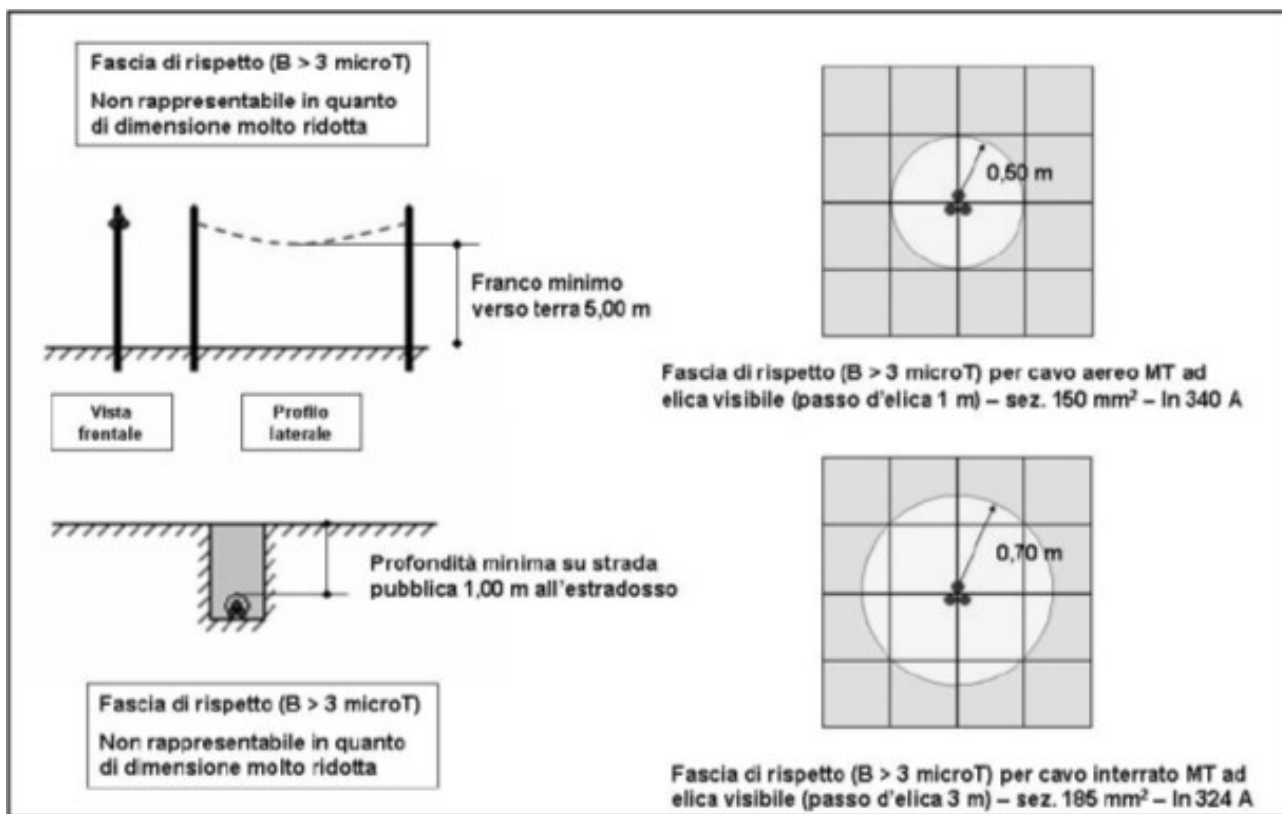
Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto **ad esclusione di:**

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree – Figura seguente).

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

La linea MT in progetto è in cavo cordato ad elica ed è posta a una distanza superiore rispetto alle DPA previste per legge dal Decreto Ministeriale 449/88; si riporta di seguito la tavola delle distanze di prima approssimazione.



Curve di livello dell'induzione magnetico generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale “Elico” della piattaforma “EMF Tools”, che tiene conto del passo d'elica

Per quanto concerne invece la cabina DG 2092 posta in adiacenza alla strada Statale SP523, si riporta a titolo pratico le DPA nel caso in cui possa essere inserito un trasformatore MT/bt dal distributore.

Distanza dal trasformatore in metri					
Potenza trafo (kVA)	1	2	3	4	5
800	122,12	17,53	5,63	1,35	0,53
1000	136,53	19,6	6,3	1,51	0,59
1250	152,65	21,92	7,04	1,68	0,66
3900	269,63	38,72	12,44	2,98	1,16

Per quanto concerne invece la sottostazione di alta tensione le linee/sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 220 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 3,2 m, ad un'altezza di circa 7 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha:

- S (distanza tra i conduttori) = 3,2m;
- P_n = Potenza massima della sottostazione (25 MVA);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (220 kV).

si avrà:

$$I = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\phi) = 73 \text{ A}$$

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,25 \times \sqrt{(2,2 \times 147,72)} = 3,8 \text{ m}$$

La distanza minima, misurata in pianta, delle linee/sbarre dal perimetro della SSE è di 8 m, superiore alla distanza $R' = 3,8 \text{ m}$.

8 DICHIARAZIONE DEL TECNICO PROGETTISTA

Io sottoscritto **Flavio Friburgo**, nato a Genova il 15/11/1984 iscritto all'albo professionale dell'ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova al n. registro A 1196.

in qualità di tecnico incaricato per la progettazione dell'impianto di produzione di energia da fonte eolica di potenza di connessione 4 MW e delle relative opere accessorie, nello specifico, degli impianti per la connessione dell'impianto alla rete di distribuzione dell'energia elettrica ENEL

DICHIARA

che la linea elettrica in progetto è stata progettata in conformità alle Linee Guida per la realizzazione di linee elettriche MT aeree ed interrate rilasciate da ENEL e alle vigenti prescrizioni di legge, in particolar modo alla **legge 28 giugno 1986 n. 339**, al **D.M. 21/03/1988 n. 449** e al **Decreto del Ministero dei LL.PP. 16 Gennaio 1991** (*Norme Tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne.*)

Luogo e Data

Milano, Giugno 2020

Timbro e Firma