

PROGETTO CAMPO EOLICO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE CATANIA

RELAZIONE ELETTRICA

00	24/09/2021	FIRST ISSUE	3E	TCN	REPOWER
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	APPROVED



Registered and Operating office: 61032 Fano (PU) Italy - Via Einaudi 20 C - Ph + 39 0721 855370 - 855856 Fax +39 0721 855733

Document Title:

RELAZIONE ELETTRICA

Job No.

1469

Document No.

REL 03

Rev. No.

00

INDICE DELLA RELAZIONE

1	INTRODUZIONE	5
2	OGGETTO E SCOPO	10
1	ELETTRODOTTI– PARTE MARINA	12
1.1	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MARINI DI ENERGIA DI CONNESSIONE TRA AEROGENERATORI	14
1.2	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MARINI DI ENERGIA VERSO LA TERRAFERMA	16
1.3	TRACCIATO DELL'ELETTRODOTTO – PARTE MARINA	17
1.3.1	<i>Generalità</i>	17
2	GIUNZIONE TERRA-MARE	19
3	STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA OFFSHORE 66/380 KV	20
3.1	DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICA	20
3.2	SERVIZI AUSILIARI	21
3.3	IMPIANTO DI TERRA	21
3.4	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	21
3.5	FABBRICATI	21
3.6	APPARECCHIATURE	22
3.6.1	<i>RUMORE</i>	23
4	ELETTRODOTTO A 380 KV IN CAVO INTERRATO – PARTE TERRESTRE	24
4.1	TRACCIATO DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO INTERRATO	25
4.2	CONDIZIONI DI POSA E INSTALLAZIONE CAVO INTERRATO	25
4.2.1	<i>Buche giunti</i>	26
4.2.2	<i>Fibre ottiche</i>	26
4.2.3	<i>Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate</i>	27
4.2.3.1	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici	27
4.2.3.2	Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	27
4.2.3.3	Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	27
4.2.4	<i>Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate</i>	28
4.2.5	<i>Realizzazione dell'elettrodotto in cavo interrato</i>	29
4.2.5.1	Fasi di costruzione	29
4.2.5.2	Fuori servizio necessari alla realizzazione dell'elettrodotto in cavo interrato	29

4.2.5.3	Realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere per la posa del cavo	30
4.2.5.4	Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea	30
4.2.5.5	Posa del cavo interrato.....	30
4.2.5.6	Ricopertura e ripristini.....	30
4.2.5.7	Scavo della trincea in corrispondenza dei tratti lungo percorso stradale	31
4.2.5.8	Staffaggi su ponti o strutture pre-esistenti	31
4.2.5.9	Trivellazione teleguidata	31
4.3	RUMORE	34
5	STAZIONE A 380 KV TERRESTRE DI INTERFACCIA.....	35
5.1	CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO	35
5.2	CONSISTENZA DELLA SEZIONE IN ALTA TENSIONE A 380 KV	35
5.3	SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO	35
5.4	SERVIZI AUSILIARI IN C.A. E C.C.	36
5.5	DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DELLA RETE DI TERRA	36
5.5.1	<i>Dimensionamento termico del dispersore</i>	<i>36</i>
5.5.2	<i>Tensioni di contatto e di passo.....</i>	<i>37</i>
5.6	RUMORE	37
5.7	OPERE CIVILI.....	38
5.7.1	<i>Fabbricato</i>	<i>38</i>
5.7.2	<i>Piazzole</i>	<i>38</i>
5.7.3	<i>Fondazioni e cunicoli cavi.....</i>	<i>38</i>
5.7.4	<i>Ingressi e recinzioni.....</i>	<i>38</i>
5.7.5	<i>Smaltimento acque meteoriche e fognarie.....</i>	<i>38</i>
5.7.6	<i>Illuminazione.....</i>	<i>39</i>
5.8	CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE DELL'IMPIANTO.	39
6	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI	48
6.1	LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA – PARTE MARINA	48
6.2	STAZIONE DI UTENZA OFFSHORE 66/380 KV.....	50
6.3	ELETTRODOTTO A 380 KV IN CAVO INTERRATO IN CORRENTE ALTERNATA – TRATTO TERRESTRE	51
6.3.1	<i>Calcolo distanza di prima approssimazione per le buche giunti</i>	<i>53</i>

6.4	STAZIONE DI INTERFACCIA A 380 kV	55
-----	--	----

1 INTRODUZIONE

L'incremento delle emissioni di anidride carbonica e di altre sostanze inquinanti legato allo sfruttamento delle fonti energetiche tradizionali costituite da combustibili fossili, assieme alla loro limitata disponibilità, ha creato una crescente attenzione per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica.

Negli ultimi anni la politica di produzione di energia eolica ha rivolto la sua attenzione alla realizzazione di parchi eolici offshore.

L'Italia è una penisola circondata da immensi spazi di mare che offrono una ventosità maggiore rispetto alla terraferma. Anche gli impatti visivi e ambientali che possono essere generati dall'installazione di un parco eolico offshore sono generalmente inferiori rispetto a quelli generati da un campo eolico a terra.

La collocazione degli impianti in mare ha il vantaggio di offrire una migliore risorsa eolica e quindi una migliore producibilità energetica, una minore turbolenza del vento e quindi di una maggiore durabilità delle parti meccaniche, ed una migliore reperibilità di siti, essendo i siti onshore soggetti a saturazione, anche per la non facile accettazione da parte delle popolazioni locali nelle aree di installazione.

La scelta del posizionamento di un parco eolico è strettamente dipendente dall'approfondita analisi delle condizioni di vento in termini di velocità ma anche delle sue direzioni prevalenti disponibili.

Condizioni di vento, distanza dalla terraferma, condizioni di moto ondoso e correnti, profondità e caratteristiche morfologiche del sito costituiscono tutte fondamentali tematiche che vanno affrontate nella ricerca del posizionamento ottimale.

Un altro fattore che gioca a favore della scelta in mare, è il basso impatto paesaggistico che le windfarms hanno nonostante occupino vaste superfici, questo grazie alla loro locazione a diversi chilometri dalla costa.

Il progetto prevede l'installazione offshore di 33 aerogeneratori di potenza nominale di 15.0 MW cadauno per una potenza nominale complessiva totale installata pari a 495 MW ad una distanza minima di circa 36km dalla costa est della Sicilia.

1.1 Leggi di riferimento

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";

- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo
- 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 ";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";
- D.M. 14.01.2018 Norme tecniche per le costruzioni;
- D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- D.lgs n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

1.2 Norme CEI/UNI di riferimento

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02
- CEI EN 61936-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a".
- CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi", terza edizione, 1997
- CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V", prima edizione, 1998
- CEI 57-2, "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata", seconda edizione, 1997
- CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate", prima edizione, 1998
- CEI 64-2, "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione" quarta edizione", 2001
- CEI 64-8/1, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua", sesta edizione, 2007
- CEI EN 50110-1-2, "Esercizio degli impianti elettrici", prima edizione, 1998-01
- CEI EN 60076-1, "Trasformatori di potenza", Parte 1: Generalità, terza edizione, 1998
- CEI EN 60076-2, "Trasformatori di potenza Riscaldamento", Parte 2: Riscaldamento, terza edizione, 1998
- CEI EN 60137, "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V", quinta edizione, 2004

- CEI EN 60721-3-4, "Classificazioni delle condizioni ambientali", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie, seconda edizione, 1996
- CEI EN 60721-3-3, "Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie, terza edizione, 1996
- CEI EN 60068-3-3, "Prove climatiche e meccaniche fondamentali", Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature, prima edizione, 1998
- CEI EN 60099-4, "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata", Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata, seconda edizione, 2005
- CEI EN 60129, "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V", 1998
- CEI EN 60529, "Gradi di protezione degli involucri", seconda edizione, 1997
- CEI EN 62271-100, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione, sesta edizione, 2005
- CEI EN 62271-102, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione, prima edizione, 2003
- CEI EN 60044-1, "Trasformatori di misura", Parte 1: Trasformatori di corrente, edizione quarta, 2000
- CEI EN 60044-2, "Trasformatori di misura", Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi, edizione quarta, 2001
- CEI EN 60044-5, "Trasformatori di misura", Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi, edizione prima, 2001
- CEI EN 60694, "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione", seconda edizione 1997
- CEI EN 61000-6-2, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali, terza edizione, 2006
- CEI EN 61000-6-4, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali, seconda edizione, 2007
- UNI EN 54, "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio", 1998
- UNI 9795, "Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio", 2005

1.3 Prescrizioni TERNA di riferimento

- Doc. INSIX1016 – Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT
- Doc. DRRPX04042 – Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Doc. DRRPX02003 – Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Doc. DRRPX03048 – Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

1.4 Acronimi e definizioni

RTN : Rete di Trasmissione Nazionale

TERNA: Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale

SE: Stazione elettrica

SET: Stazione elettrica di trasformazione

Sottocampo: Insieme di aerogeneratori collegati tra loro elettricamente

2 OGGETTO E SCOPO

Il presente documento, unitamente agli elaborati grafici allegati, costituisce il progetto preliminare delle opere per il collegamento alla RTN dell'impianto eolico offshore denominato "Sicilia" da installare a largo del tratto di costa della città di Catania. Scopo del documento è quello di descrivere le caratteristiche tecniche e progettuali dell'opera, al fine del rilascio delle autorizzazioni previste dalla legislazione vigente. Il documento definisce in particolare le scelte tecniche di base per la realizzazione dell'opera in oggetto, comprendenti:

- ✓ il tracciato ed il dimensionamento dei cavi marini
- ✓ la stazione di trasformazione 66/380 kV di utenza, in mare.
- ✓ il tracciato ed il dimensionamento dei cavi terrestri interrati, dall'approdo sulla costa fino alla stazione elettrica di interfaccia con la RTN
- ✓ la stazione elettrica di interfaccia con la RTN che contiene in particolare gli apparati di misura e i sistemi per la compensazione della potenza reattiva del cavo.
- ✓ il collegamento alla RTN, da realizzarsi in linea in cavo a 380 kV, tra la stazione di interfaccia e la stazione RTN (Nuova SE Pantano).



Figura 2.1 – Ubicazione dell'area geografica interessata dalla realizzazione del parco eolico

3 ELETTRODOTTI– PARTE MARINA

L'elettrodotto in oggetto costituisce la parte marina della linea di connessione dell'impianto eolico offshore "Sicilia" alla Rete di Trasmissione Nazionale; l'intera opera prevede infatti:

OPERE IN MARE:

- 33 aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 15 MW, per una capacità complessiva di 495 MW, di tipo flottante.
- Una rete elettrica sottomarina a tensione nominale pari a 66 kV che collega gli aerogeneratori in serie, raggruppandoli in 10 sezioni principali, per poi connettersi alla stazione elettrica marina di trasformazione 66/380 kV ;
- Una piattaforma marina che ospita la stazione di trasformazione elettrica 66/380 kV, attrezzata con 2 trasformatori da 250/300 MVA, reattore per la compensazione della potenza reattiva, apparecchiature, quadri di controllo e manufatti di servizio;
- Un elettrodotto sottomarino di collegamento tra la stazione elettrica offshore e la buca giunti terra-mare, costituito da un cavo in AT 380 kV di lunghezza pari a circa 55 km;

OPERE A TERRA PER LA CONNESSIONE ALLA RTN:

- Una buca giunti interrata, in cui avviene la giunzione tra la l'elettrodotto sottomarino e quello terrestre, interrata e posizionata in prossimità dell'approdo dei cavi marini;
- Un elettrodotto terrestre interrato costituito da una terna di cavi isolati in AT 380 kV, di lunghezza pari a circa 11,7 km, che raggiunge la stazione di interfaccia adiacente alla SE TERNA 380/150 kV "Pantano", dove avverrà la connessione alla RTN;
- Una Stazione di interfaccia cavo-cavo da realizzarsi in prossimità della stazione elettrica TERNA "Pantano", che ospiterà il reattore, le apparecchiature elettromeccaniche, i locali quadri e misure e l'ultimo tratto di cavo interrato per il collegamento alla stazione RTN;
- Uno nuovo stallo a 380 kV posizionato nell'ampliamento della stazione TERNA "Pantano".

Nella figura seguente è riportato uno schema a blocchi delle connessioni elettriche del parco eolico, come sopra descritte.

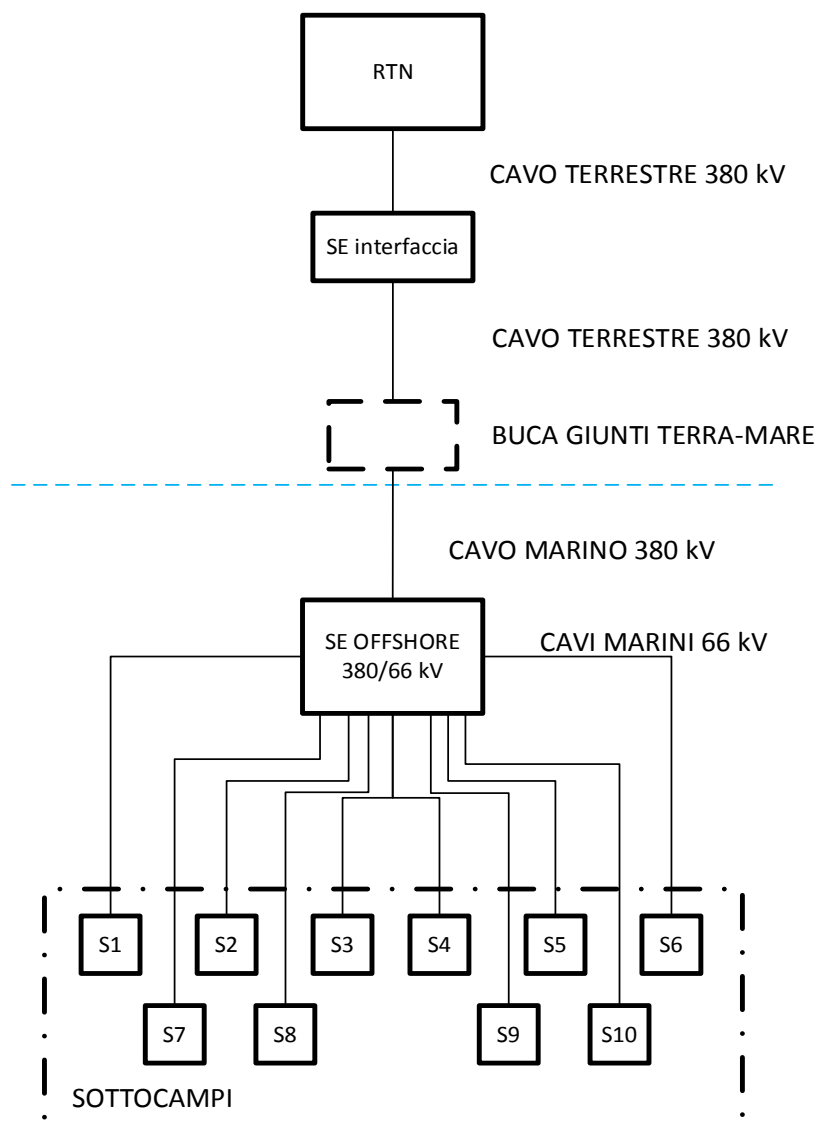


Figura 3.1 – Schema a blocchi delle connessioni elettriche del parco eolico

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata di **495 MW**, pari cioè alla potenza nominale della centrale in oggetto.

La centrale eolica, formata da n° 33 aerogeneratori da 15 MW di potenza cadauno, sarà suddivisa in dieci sottocampi composti al massimo da 4 aerogeneratori in serie:

Ciascun sottocampo sarà collegato con linea dedicata alla stazione di utente in AT; la tensione nominale di esercizio di ciascuna delle dieci linee sarà di **66 kV**, per una corrente nominale totale di **4563 A**.

La corrente massima di impiego può essere calcolata tenendo conto dei limiti di esercizio imposti dall'Allegato A.17 del CDR, per le quali è necessario poter effettuare una regolazione di potenza reattiva nell'intervallo del fattore di potenza compreso fra 0,95R e 0,95A. La corrente massima che interessa la linea di collegamento di ciascun sottocampo è pertanto la seguente:

$$I_{b_{max}} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \phi} = \frac{60 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 66000 \cdot 0,95} = 553 \text{ A}$$

ove si è assunto, cautelativamente, il valore di potenza corrispondente al sottocampo di maggiore dimensione (ovvero di 4 aerogeneratori).

La corrente erogata da ciascuna macchina nelle condizioni di funzionamento suddette è di 140 A circa.

1.1 Dimensionamento dei cavi marini di energia di connessione tra aerogeneratori

Gli elettrodotti marini saranno pertanto dieci, uno per ciascun sottocampo. Il loro tracciato è stato individuato sulla base delle carte nautiche disponibili, cercando di ridurre il più possibile la lunghezza del cavo, pur nel rispetto dei vincoli ambientali e delle altre condotte presenti nell'area d'intervento.

Le seguenti tabelle riassumono i dati relativi al dimensionamento dei cavi marini, comprensivi della verifica di portata, effettuata tenendo conto anche della corrente capacitiva del cavo.

Il dimensionamento degli array a 66 kV è stato effettuato scegliendo quattro diverse sezioni di cavo: 95 mm², 185 mm², 240 mm² e 500 mm².

Per la disposizione e la nomenclatura degli aerogeneratori si faccia riferimento alla planimetria ed allo schema unifilare.

SOTTOCAMPO 1

Da	a	D [m]	n° WTG	I _b [A]	I _z [A]	vie parall.	S [mm ²]	ΔV%
WTG1	WTG2	1200	1	146	279.0	1	3 x 1 x 95	0.23%
WTG2	WTG3	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG3	CABINA	3750	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	1.20%

SOTTOCAMPO 2

Da	a	D [m]	n° WTG	I _b [A]	I _z [A]	vie parall.	S [mm ²]	ΔV%
WTG4	WTG5	1200	1	146	279.0	1	3 x 1 x 95	0.23%
WTG5	WTG6	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG6	CABINA	3450	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	1.11%

SOTTOCAMPO 3

Da	a	D [m]	n° WTG	I _b [A]	I _z [A]	vie parall.	S [mm ²]	ΔV%
WTG7	WTG8	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG8	WTG9	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG9	CABINA	1200	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	0.38%

SOTTOCAMPO 4

Da	a	D [m]	n° WTG	I _b [A]	I _z [A]	vie parall.	S [mm ²]	ΔV%
WTG10	WTG11	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG11	WTG12	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG12	CABINA	1150	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	0.37%

SOTTOCAMPO 5

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG13	WTG14	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG14	WTG15	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG15	CABINA	6850	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	2.20%

SOTTOCAMPO 6

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG16	WTG17	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG17	WTG18	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG18	CABINA	7600	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	2.44%

SOTTOCAMPO 7

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG19	WTG20	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG20	WTG21	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG21	CABINA	4750	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	1.52%

SOTTOCAMPO 8

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG22	WTG23	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG23	WTG24	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG24	WTG25	1200	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	0.38%
WTG25	CABINA	4000	4	583	609.2	1	3 X 1 X 500	1.02%

SOTTOCAMPO 9

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG26	WTG27	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG27	WTG28	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG28	WTG29	1200	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	0.38%

SOTTOCAMPO 10

Da	a	D [m]	n° WTG	Ib [A]	Iz [A]	vie parall.	S [mm2]	ΔV%
WTG30	WTG31	1200	1	146	279.0	1	3 X 1 X 95	0.23%
WTG31	WTG32	1200	2	292	390.6	1	3 x 1 x 185	0.34%
WTG32	WTG33	1200	3	437	446.4	1	3 X 1 X 240	0.38%
WTG33	CABINA	1450	4	583	609.2	1	3 X 1 X 500	0.37%

Nella seguente figura è indicata la composizione tipica del cavo che sarà utilizzato per la realizzazione delle connessioni tra aerogeneratori.

Il cavo utilizzato sarà di tipo tripolare, isolato in XLPE, con conduttori in rame, schermo in piombo e armatura in acciaio.

Il cavo in fibra ottica, a 24 o 48 fibre, sarà alloggiato all'interno del cavo di energia protetto da idoneo setto separatore come mostrato in Fig. 3 5.



Fig. 3-1: sezione tipica del cavo marino XLPE tripolare in rame, con schermi in piombo, armatura in acciaio e fibra ottica

1.2 Dimensionamento dei cavi marini di energia verso la terraferma

La linea elettrica che collegherà la stazione di trasformazione offshore alla terraferma (fino alla buca giunti terra-mare) sarà esercita alla tensione di 380 kV, cioè lo stesso livello di tensione di consegna alla RTN.

L'elettrodotto sarà costituito in particolare da un cavo unipolare con conduttori di fase realizzati in rame, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione di 1000 mm².

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima in immissione della centrale eolica in oggetto, pertanto considerando un funzionamento a $\cos \phi$ pari a 0.95, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\phi} = 791 \text{ A}$$

Per il cavo di sezione pari a 1000 mm² e per le condizioni standard di posa in mare si ottiene una portata massima di 950 A, pertanto ampiamente idonea.

Le caratteristiche elettriche principali del collegamento.

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Potenza nominale dell'impianto da collegare	495 MW
Intensità di corrente (per fase)	791 A
Intensità di corrente massima ammessa nelle condizioni di posa	950 A

Composizione del collegamento

Per l'elettrodotto in oggetto sono previsti i seguenti componenti:

- n. 3 conduttori di energia;
- n. 3 terminali cavo per esterno ed installazione in ambiente marino;
- n. 3 giunti cavo marino/terrestre;
- n. 1 sistema di telecomunicazioni.

1.3 Tracciato dell'elettrodotto – parte marina

1.3.1 Generalità

La rotta del tracciato è stata studiata cercando di contemperare al meglio gli interessi pubblici e privati coinvolti e ha considerato in particolare:

- l'individuazione di aree idonee per il sito di approdo (nei quali collocare anche i rispettivi giunti terra-mare);
- le attività di pesca e marittime esercitate nelle aree, in quanto costituiscono il principale fattore di danneggiamento di cavi marini;
- la eventuale presenza di aree marine protette;

- cavi e condotte sottomarine esistenti, in esercizio e fuori servizio;
- la tipologia del fondale e l'andamento batimetrico.

La scelta dei tracciati è stata determinata, oltre che dalla localizzazione degli approdi, in base alla profondità, alle caratteristiche del fondale e alla necessità di incrociare altri cavi e gasdotti esistenti con angoli opportuni.

2 GIUNZIONE TERRA-MARE

I giunti terra-mare di transizione tra i cavi marini e i cavi terrestri saranno realizzati in apposito manufatto in cls, da interrare in corrispondenza della fine del tratto di trivellazione teleguidata successivo all'approdo.

La "buca-giunti" avrà dimensioni di circa 5x10m, e una profondità di interramento di circa 2m.

3 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA OFFSHORE 66/380 kV

La nuova stazione elettrica 66/380 kV sarà realizzata su una piattaforma a più livelli che occuperà un'area di circa 2200 m² e sarà composta da due sezioni: una a 380 kV in SF6 e l'altra a 66 kV SF6-free, racchiuse in apposito edificio opportunamente compartimentato. La stazione sarà dotata inoltre di due trasformatori da 250/300 MVA, per l'elevazione della tensione dal livello 66 kV (livello di tensione del sistema di distribuzione degli aerogeneratori) alla tensione di consegna di 380 kV, oltre ad un eventuale reattore per la compensazione della potenza reattiva, apparecchiature e quadri di controllo e servizio.

3.1 Disposizione elettromeccanica

La sezione a 380 kV sarà del tipo con isolamento in SF6 (o ove possibile con tecnologia SF6-free) e sarà costituita da:

- n° 1 sistema a semplice sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TV di sbarra su un lato;
- n° 1 stallo linea in cavo;
- n° 2 stalli primario trasformatore;
- n° 1 stallo per reattore;

La sezione a 66 kV sarà del tipo con isolamento in aria (SF6-free) con componenti analoghi a quelli che saranno usati per gli aerogeneratori e sarà suddivisa in due sottosezioni (una per ogni trasformatore principale) ciascuna costituita da:

- n° 1 sistema a semplice sbarra;
- n° 5 stalli linea arrivo sottocampo;
- n° 1 stallo trasformazione servizi ausiliari
- n° 3 stalli disponibili;
- n° 1 stallo secondario trasformatore;

Tutte le apparecchiature suddette saranno contenute rispettivamente nell'edificio che ospiterà l'impianto GIS (Gas Insulated Substation) a 380 kV e la sala quadri a 66 kV.

Sono inoltre previste le seguenti apparecchiature esterne:

- n° 2 ATR 380/66 kV con potenza di 300 MVA;
- n° 1 reattore di compensazione tri-monofase a 380 kV;

Tali apparecchiature saranno collocate all'esterno, lungo il perimetro della stazione e saranno collegate con quelle presenti nell'edificio GIS tramite condotti metallici isolati in SF6 (o SF6-free) per a sezione 380 kV, e in cavo per la sezione 66 kV.

3.2 Servizi ausiliari

I Servizi Ausiliari (S.A.) della nuova stazione elettrica saranno progettati e realizzati con riferimento agli attuali standard elettrici nazionali.

Saranno alimentati da trasformatori AT/BT derivati dalla rete a 66 kV ed integrati da un gruppo elettrogeno di emergenza che assicuri l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di mancanza di tensione alle sbarre dei quadri principali BT.

Le utenze fondamentali quali protezioni, comandi interruttori e sezionatori, segnalazioni, ecc saranno alimentate in corrente continua a 110 V tramite batterie tenute in tampone da raddrizzatori.

3.3 Impianto di terra

La rete di terra della stazione interesserà la superficie della stazione. Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 380 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 63 kA per 0,5 sec.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale, le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica.

Il dispersore sarà costituito di fatto dalla struttura portante della stazione offshore, infissa nel fondale marino.

3.4 Campi Elettrici e Magnetici

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella stazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, si può affermare che i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

3.5 Fabbricati

Nella stazione offshore sarà realizzato un unico edificio che ospiterà gli apparati, sia della sezione a 380 kV che di quella a 66 kV. Il fabbricato sarà realizzato su più livelli, con pianta rettangolare e sarà suddiviso in tre parti principali.

La parte centrale, avente dimensioni in pianta 25 x 14 m ed altezza di 11,8 m , è destinata a contenere le apparecchiature GIS e il carro ponte di 10 ton necessario per le operazioni di manutenzione e movimentazione delle apparecchiature. Due corpi laterali dove saranno alloggiati i due trasformatori 66/380 kV, aventi dimensioni in pianta 11 x 9 m ed altezza di 11,8 m. L'altra parte principale, suddivisa in tre livelli, avrà dimensioni in pianta 25 x 19 m ed altezza di 4 m (per ogni livello); ospiterà al piano inferiore la sala quadri a 66 kV, al piano intermedio sarà presente un'area per il passaggio dei collegamenti della sezione GIS a 380 kV, la sala comando e controllo ed i servizi, mentre al piano superiore sarà presente un'area visitatori ed una parte per l'alloggiamento degli impianti HVAC.

Al lato della struttura sarà infine ricavata l'area per l'alloggiamento del reattore compensazione.

La copertura dell'edificio sarà dotata di eliporto. Sarà inoltre predisposta una struttura per l'approdo di imbarcazioni con scale ed un camminamento per accedere in piattaforma all'edificio.

La superficie complessivamente occupata sarà di circa 2.150 m², con un volume di circa 25.400 m³.

3.6 Apparecchiature

- Ciascuno dei due trasformatori da 380/66 kV avrà le seguenti caratteristiche principali:
- Potenza nominale 300 MVA (KNAF)
- Tensione nominale 380/66 kV
- Vcc% 13%
- Commutatore sotto carico variazione del $\pm 10\%$ Vn con +5 e -5 gradini
- Raffreddamento KNAF
- Gruppo Ynd11
- Potenza sonora 92 db (A)

Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti.

Sezione 380 kV

tensione massima sezione 380 kV	420 kV
frequenza nominale	50 Hz
correnti limite di funzionamento permanente sbarre 380 kV	4.000 A
stalli linea 380 kV	2000 A
potere di interruzione interruttori 380 kV	63 kA
corrente di breve durata 380 kV	63 kA
condizioni ambientali limite	-15/+45°C
salinità di tenuta superficiale degli isolamenti portanti	40 kg/m3

salinità di tenuta superficiale degli isolamenti passanti 56 kg/m³

Sezione 66 kV

tensione massima sezione 66 kV 72 kV

frequenza nominale 50 Hz

correnti limite di funzionamento permanente sbarre 66 kV 4.000 A

stalli linea 66 kV e stallo parallelo 2000 A

potere di interruzione interruttori 66 kV 31,5 kA

corrente di breve durata 66 kV 31,5 kA

condizioni ambientali limite -15/+45°C

salinità di tenuta superficiale degli isolamenti portanti 56 kg/m³

salinità di tenuta superficiale degli isolamenti passanti 56 kg/m³

3.6.1 RUMORE

Nella stazione elettrica sarà presente esclusivamente macchinario statico che costituisce una modesta sorgente di rumore ed apparecchiature elettriche che costituiscono fonte di rumore esclusivamente in fase di manovra.

Il livello di emissione di rumore è in ogni caso in accordo ai limiti fissati dal D.P.C.M. 1 marzo 1991, dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 477 del 26/10/1995), in corrispondenza dei recettori sensibili.

Al fine di ridurre le radio interferenze dovute a campi elettromagnetici, l'impianto è inoltre progettato e costruito in accordo alle raccomandazioni riportate nei Para. 4.2.6 e 9.6 della Norma CEI EN 61936-1.

4 ELETTRODOTTO A 380 kV IN CAVO INTERRATO – PARTE TERRESTRE

L'elettrodotto che costituisce la parte terrestre della linea di connessione dell'impianto eolico offshore alla Rete di Trasmissione Nazionale sarà realizzato completamente in cavo interrato, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale.

Il tracciato è stato individuato seguendo lo stesso criterio di quello marino e prediligendo un percorso quasi interamente stradale, in modo da garantire allo stesso tempo anche una buona accessibilità ed una discreta facilità di posa. Una ipotesi di percorso è riportato nelle tavole allegate.

Le caratteristiche del cavo selezionato per tale utilizzo sono le seguenti:

Dati nominali di funzionamento della linea

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Potenza nominale dell'impianto da collegare	495 MW
Intensità di corrente (per fase)	791 A
Intensità di corrente massima ammessa nelle condizioni di posa	950 A

Caratteristiche tecniche:

- Tipo di cavo: XLPE
- Formazione: 1x1000 mm²
- Tipo di conduttore: unipolare in rame
- Isolamento: Polimerico
- Tensione nominale d'isolamento: 380 kV
- Tensione massima permanente di esercizio: 420 kV
- Frequenza: 50 Hz
- Corrente nominale (*): circa 950 A
- Resistenza di fase a 20°C: 0,0176 Ω/km
- Diametro esterno massimo: 11,4 cm
- Peso: 19 kg/m
- Norme di riferimento: IEC 60502, IEC 62067, CEI 11-17

(*) Le ipotesi di posa sono le seguenti:

- posa a trifoglio

- connessione schermo Cross bonded
- resistività termica del terreno pari a 100°C cm/W
- temperatura suolo 15° C
- profondità di posa: 1,5 m

4.1 Tracciato dell'elettrodotto in cavo interrato

5 Si rimanda all'elaborato "Tav.05-TRACCIATO CAVIDOTTO INTERRATO SU ORTOFOTO"

5.1 Condizioni di posa e installazione cavo interrato

L'elettrodotto in oggetto sarà installato all'interno di uno stesso scavo, di dimensioni come meglio mostrato nelle tavole allegate, si riporta di seguito la sezione tipica di posa.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e configurazione degli schermi cross-bonded.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di un bauletto di cemento magro protetto superiormente da una lastra prefabbricata in cemento armato dello spessore di 6 cm. Il cavidotto sarà segnalato superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico.

La restante parte della trincea verrà riempita seguendo le disposizioni degli enti proprietari delle strade interessate, così come le modalità di ripristino del manto stradale.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

In corrispondenza di attraversamenti stradali o ferroviari i cavi saranno installati in tubiere con le modalità e le dimensioni indicative di cui alle tavole allegate.

In corrispondenza di ponti i cavi saranno staffati alla spalla (lato valle) del ponte stesso con opportune staffe tripolari (vedi tavole allegate).

E' previsto inoltre il posizionamento di targhette resistenti ed inalterabili (di tipo non intrusivo) sulla sede stradale, per la segnalazione del tracciato del cavo. La sezione tipica di posa è riportata in allegato al presente documento.

5.1.1 Buche giunti

I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a distanze variabili tra 500 e 800 m l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di opportune buche giunti che avranno una configurazione come descritto nella seguente figura.

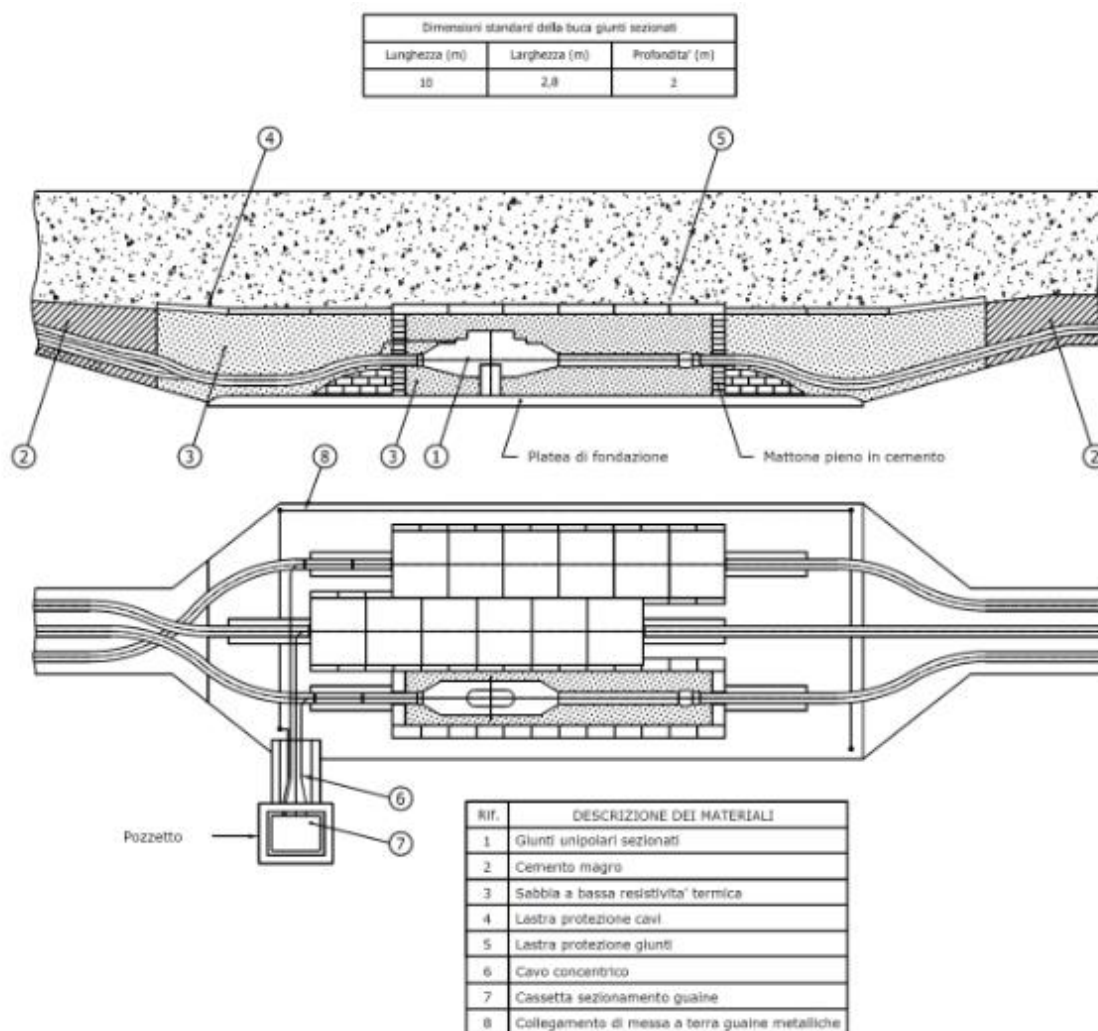


Fig. 5-1: tipico buca giunti

Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto e della presenza di ventali recettori sensibili.

5.1.2 Fibre ottiche

E' prevista l'installazione di fibre ottiche a servizio del cavidotto, le quali saranno posate contestualmente alla stesura del cavo secondo le modalità descritte nei tipici allegati.

In sede di progetto esecutivo e comunque prima che si dia inizio alla realizzazione dell'opera ed in particolare prima dell'installazione della rete di comunicazioni elettroniche in fibre ottiche a servizio dell'elettrodotto, si procederà all'ottenimento dell'autorizzazione generale espletando gli obblighi stabiliti dal Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259, "Codice delle comunicazioni elettroniche"; in particolare si procederà alla presentazione della dichiarazione, conforme al modello riportato nell'allegato n. 14 al suddetto decreto, contenente l'intenzione di installare o esercire una rete di comunicazione elettronica ad uso privato; ciò costituisce denuncia di inizio attività ai sensi dello stesso D.Lgs.259/2003 art. 99, comma 4.

5.1.3 Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrato

In caso di interferenza con altre infrastrutture interrate saranno rispettati i criteri riassunti nei seguenti paragrafi.

5.1.3.1 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici

I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

5.1.3.2 Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Negli incroci il cavo elettrico, di regola, sarà situato inferiormente al cavo di telecomunicazione.

La distanza fra i due cavi non sarà inferiore 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente sarà protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi saranno disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante sarà applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente.

Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

5.1.3.3 Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici saranno di regola posati alla maggiore distanza possibile dalla linea di telecomunicazione; quando vengono posati lungo la stessa strada si cercherà di posare le due linee possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata si applicherà sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;

- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi potranno essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata, in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso e rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi.

In sede di progetto esecutivo saranno effettuate tutte le verifiche richieste dalla normativa in merito all'interferenza con le linee di telecomunicazione. In particolare la verifica di sovratensioni indotte sarà effettuata secondo la Norma CEI 103-6, sulla base dall'elenco definitivo delle linee di telecomunicazione interferenti, fornito dal Ministero delle Telecomunicazioni. Inoltre, come detto in precedenza, in sede di progetto esecutivo e comunque prima che si dia inizio alla realizzazione dell'opera ed in particolare prima dell'installazione della rete di comunicazioni elettroniche in fibre ottiche a servizio dell'elettrodotto, si procederà all'ottenimento dell'autorizzazione generale espletando gli obblighi stabiliti dal Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259, "Codice delle comunicazioni elettroniche".

5.1.4 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrate parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m.

Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Non saranno effettuati giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m.

Tale distanza potrà essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico.

Prescrizioni analoghe dovranno essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo, oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

5.1.5 Realizzazione dell'elettrodotto in cavo interrato

5.1.5.1 Fasi di costruzione

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato (circa 500÷600 metri) della linea in progetto, avanzando progressivamente sul territorio.

In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini;

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti interni ai centri abitati e in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare si evidenzia che in alcuni casi sarà necessario procedere con:

- •Posa del cavo in tubo interrato;
- •Staffaggio su ponti o strutture pre-esistenti;
- •Perforazione teleguidata
- •Realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d'acqua

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

5.1.5.2 Fuori servizio necessari alla realizzazione dell'elettrodotto in cavo interrato

Vista la natura dell'opera e le modalità attraverso le quali è previsto il collegamento della stessa alla rete, non sono previsti lunghi fuori-servizio relativi alle infrastrutture elettriche. Infatti le uniche attività per le quali deve essere previsto il fuori-servizio di elementi di rete sono alcune delle fasi relative alla realizzazione del nuovo stallo a 380 kV nella sezione a 380 kV della stazione elettrica s. Martino in Venti, che saranno espletate secondo la procedura di lavoro TERNA.

Si può prevedere un fuori-servizio, in fasi non adiacenti, complessivamente pari a circa 48 ore.

5.1.5.3 Realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere per la posa del cavo

Prima della realizzazione dell'opera sarà necessario realizzare le piazzole di stoccaggio per il deposito delle bobine contenenti i cavi; di norma vengono predisposte piazzole circa ogni 500-600 metri.

Tali piazzole sono, ove possibile, realizzate in prossimità di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto delle bobine e contigue alla fascia di lavoro, al fine di minimizzare le interferenze con il territorio e ridurre la conseguente necessità di opere di ripristino.

Si eseguiranno, se non già presenti, accessi provvisori dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alle piazzole stesse.

5.1.5.4 Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea

Le operazioni di scavo e posa dei cavi richiedono l'apertura di un'area di passaggio, denominata "fascia di lavoro". Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio.

5.1.5.5 Posa del cavo interrato

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotto interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori).

Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine. La bobina viene comunemente montata su un cavalletto, piazzato ad una certa distanza dallo scavo in modo da ridurre l'angolo di flessione del conduttore quando esso viene posato sul terreno. Durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi saranno adottate le seguenti precauzioni:

- si opererà in modo che la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non sarà inferiore a 0°C;
- i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non saranno mai inferiori a 15 volte il diametro esterno del cavo.

5.1.5.6 Ricopertura e ripristini

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino. La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera.

Le opere di ripristino previste possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

Preliminarmente si procederà alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella ri-profilatura dell'area interessata dai lavori e nella ri-configurazione delle pendenze preesistenti, ricostruendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle linee di deflusso eventualmente preesistenti.

La funzione principale del ripristino idraulico è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso.

Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente i lavori nelle zone con vegetazione naturale.

Il ripristino avverrà mediante:

- ✓ ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- ✓ inerbimento;
- ✓ messa a dimora, ove opportuno, di arbusti e alberi di basso fusto.

Per gli inerbimenti verranno utilizzate specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico, in modo da garantire il migliore attecchimento e sviluppo vegetativo possibile. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità.

5.1.5.7 Scavo della trincea in corrispondenza dei tratti lungo percorso stradale

Tenendo conto che il tracciato si sviluppa quasi interamente su percorso stradale si nota che quando la strada lo consenta (cioè nel caso in cui la sede stradale permetta lo scambio di due mezzi pesanti) sarà realizzata, come anticipato, la posa in scavo aperto, mantenendo aperto lo scavo per tutto il tratto compreso tra due giunti consecutivi (500÷600 m) e istituendo per la circolazione stradale un regime di senso unico alternato mediante semafori iniziale e finale, garantendo la opportuna segnalazione del conseguente restringimento di corsia e del possibile rallentamento della circolazione. In casi particolari e solo quando si renderà necessario potrà essere possibile interrompere al traffico, per brevi periodi, alcuni tratti stradali particolarmente stretti, segnalando anticipatamente ed in modo opportuno la viabilità alternativa e prendendo i relativi accordi con i comuni e gli enti interessati.

Per i tratti su strade strette o in corrispondenza dei centri abitati, tali da non consentire l'istituzione del senso unico alternato, ovvero laddove sia manifesta l'impossibilità di interruzione del traffico si potrà procedere con lo scavo di trincee più brevi (30÷50 m) all'interno delle quali sarà posato il tubo di alloggiamento dei cavi, da ricoprire e ripristinare in tempi brevi, effettuando la posa del cavo tramite sonda nell'alloggiamento sotterraneo e mantenendo aperti solo i pozzetti in corrispondenza di eventuali giunti.

5.1.5.8 Staffaggi su ponti o strutture pre-esistenti

Nei casi in cui è possibile, quando l'attraversamento di alcuni elementi avviene in corrispondenza di ponti pre-esistenti, si effettuerà lo staffaggio sotto la soletta in c.a. del ponte stesso o sulla fiancata della struttura mediante apposite staffe in acciaio e realizzando cunicoli inclinati raccordando opportunamente la posa in profondità (circa 1,5 m) dei cavi realizzati lungo la sede stradale con la posa mediante staffaggio.

5.1.5.9 Trivellazione teleguidata

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile

dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

Indagine del sito e analisi dei sottoservizi esistenti

L'indagine del sito e l'attenta analisi dell'eventuale presenza di sottoservizi e/o qualsiasi impedimento alla realizzazione della perforazione, è una fase fondamentale per la corretta progettazione di una perforazione orizzontale. Per analisi dei sottoservizi, e per la mappatura degli stessi, soprattutto in ambiti urbani fortemente compromessi, è consigliabile l'utilizzo del sistema "Georadar". Mentre in ambiti suburbani, dove la presenza di sottoservizi è minore è possibile, mediante indagini da realizzare c/o gli enti proprietari dei sottoservizi, saperne anticipatamente l'ubicazione.

Realizzazione del foro pilota

La prima vera e propria fase della perforazione è la realizzazione del "foro pilota", in cui il termine pilota sta ad indicare che la perforazione in questa fase è controllata ossia "pilotata". La "sonda radio" montata sulla punta di perforazione emette delle onde radio che indicano millimetricamente la posizione della punta stessa. I dati rilevabili e sui quali si può interagire sono:

- Altezza;
- Inclinazione;
- Direzione;
- Posizione della punta.

Il foro pilota viene realizzato lungo tutto il tracciato della perforazione da un lato all'altro dell'impedimento che si vuole attraversare (strada, ferrovia, canale, pista aeroportuale ecc.). La punta di perforazione viene spinta dentro il terreno attraverso delle aste cave metalliche, abbastanza elastiche così da permettere la realizzazione di curve altimetriche. All'interno delle aste viene fatta scorrere dell'aria ad alta pressione ed eventualmente dell'acqua. L'acqua contribuirà sia al raffreddamento della punta che alla lubrificazione della stessa, l'aria invece permetterà lo spurgo del materiale perforato ed in caso di terreni rocciosi, ad alimentare il martello "fondo-foro".

Generalmente la macchina teleguidata viene posizionata sul piano di campagna ed il foro pilota emette geometricamente una "corda molla" per evitare l'intercettazione dei sottoservizi esistenti. In alcuni casi però, soprattutto quando l'impianto da posare è una condotta fognaria non in pressione, è richiesta la realizzazione di una camera per il posizionamento della macchina alla quota di perforazione desiderata.

Allargamento del foro pilota

La seconda fase della perforazione teleguidata è l'allargamento del "foro pilota", che permette di posare all'interno del foro, debitamente aumentato, un tubo camicia o una composizione di tubi camicia generalmente in PEAD.

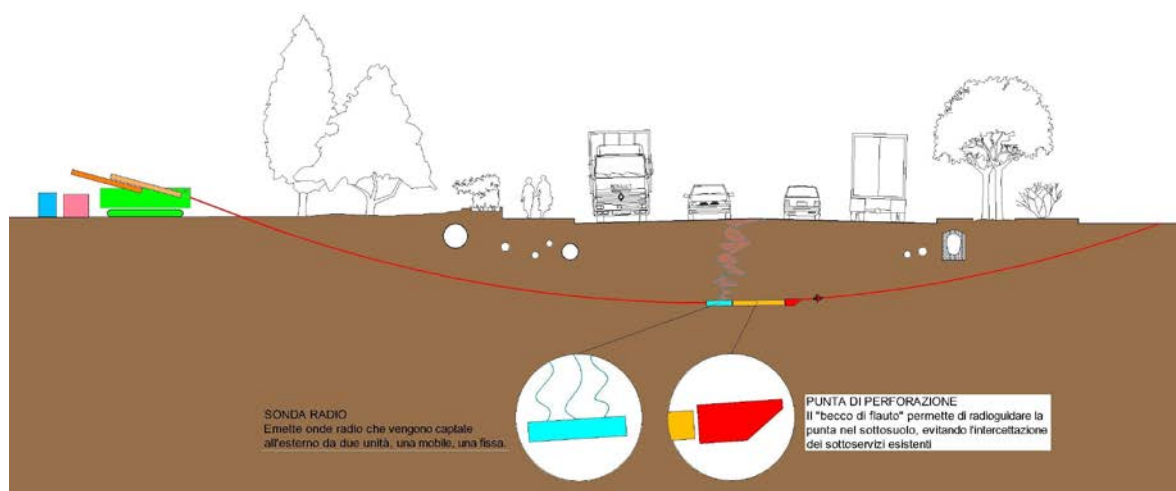
L'allargamento del foro pilota avviene attraverso l'ausilio di strumenti chiamati "Alesatori" che sono disponibili in diverse misure e adatti ad aggredire qualsiasi tipologia di terreno, anche rocce dure. Essi vengono montati al posto della punta di perforazione e tirati a ritroso attraverso le aste cave, al cui interno

possono essere immesse aria e/o acqua ad alta pressione per agevolare l'aggressione del terreno oltre che lo spurgo del materiale.

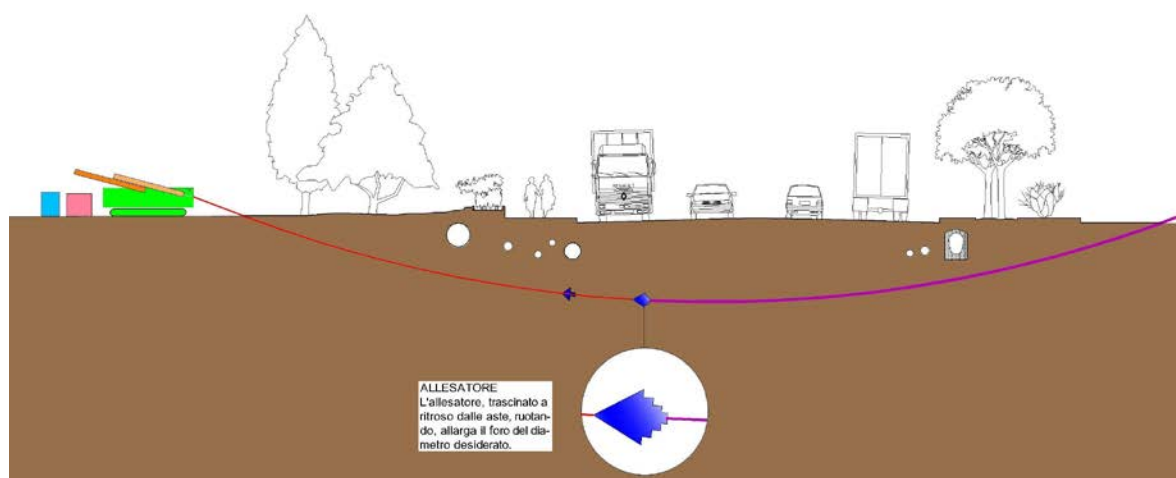
Posa in opera del tubo camicia

La terza ed ultima fase che in genere, su terreni morbidi e/o incoerenti, avviene contemporaneamente a quella di "alesaggio", è l'infilaggio del tubo camicia all'interno del foro alesato.

La tubazione camicia generalmente in PEAD, se di diametro superiore ai 110 mm, viene saldata a caldo preventivamente, e ancorata ad uno strumento di collegamento del tubo camicia all'asta di rotazione. Questo strumento, chiamato anche "girella", evita durante il tiro del tubo camicia che esso ruoti all'interno del foro insieme alle aste di perforazione.



fase 1: REALIZZAZIONE FORO PILOTA CON CONTROLLO ALTIMETRICO



fase 2: ALESAGGIO DEL FORO PILOTA E TIRO TUBO CAMICIA

5.2 Rumore

L'elettrodotto in cavo interrato non costituisce fonte di rumore.

6 STAZIONE A 380 kV TERRESTRE DI INTERFACCIA

La stazione elettrica di interfaccia sarà realizzata allo scopo di collegare l'impianto alla stazione di rete prevista e di alloggiare al suo interno gli apparati di misura e protezione per l'interfaccia con la RTN, oltre eventualmente ad una reattanza di compensazione della potenza reattiva prodotta dal cavo.

L'area individuata per la realizzazione dell'opera è situata in prossimità della suindicata stazione di rete.

L'accesso alla stazione avverrà tramite una breve strada che si staccherà direttamente dalla viabilità esistente per l'accesso all'impianto di rete.

6.1 Condizioni ambientali di riferimento

Valore minimo temperatura ambiente all'interno: -5°C

Valore minimo temperatura ambiente all'esterno: -25°C

Temperatura ambiente di riferimento per la portata delle condutture: 30°C

Grado di inquinamento: III

Irraggiamento: 1000 W/m²

Altitudine e pressione dell'aria: poiché l'altitudine è inferiore ai 1000 m s.l.m. non si considerano variazioni della pressione dell'aria

Umidità all'interno: 95%

Umidità all'esterno: fino al 100% per periodi limitati

Classificazione sismica (OPCM 3274 del 2003): zona 2

Accelerazione orizzontale massima: $0.15 < a_g \leq 0.25$.

6.2 Consistenza della sezione in alta tensione a 380 kV

La sezione in alta tensione a 380 kV è composta da uno stallo di arrivo in cavo interrato ed una partenza linea in cavo interrato, con apparati di misura e protezione (TV e TA).

Lo stallo arrivo cavo è comprensivo di terminali cavo, interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna.

Lo stallo di partenza è comprensivo di portale aereo, interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura (TA e TV) per le protezioni, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna.

6.3 Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo

La stazione può essere controllata da un sistema centralizzato di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

I sistemi di controllo, di protezione e di misura centralizzati sono installati nell'edificio di stazione ed interconnessi tra loro e con le apparecchiature installate tramite cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello di impianto di tutta la stazione, di restituire le informazioni dell'oscillografia e della registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della stazione qualora venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione. In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra), le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale è possibile effettuare le manovre di esercizio.

6.4 Servizi ausiliari in c.a. e c.c.

Il sistema dei servizi ausiliari in c.a. è costituito da un quadro BT centralizzato di distribuzione (costituito da due semiquadri).

I servizi ausiliari in c.c. a 110 V sono alimentati da due raddrizzatori carica-batteria in tampone con una batteria prevista per un'autonomia di 4 ore. Ciascuno dei due raddrizzatori è in grado di alimentare i carichi di tutto l'impianto e contemporaneamente di fornire la corrente di carica della batteria; in caso di anomalia su un raddrizzatore i carichi vengono commutati automaticamente sull'altro.

Il sistema dei servizi ausiliari in c.c. è costituito da: batteria, raddrizzatori, quadro di distribuzione centralizzato e quadri di distribuzione nei chioschi (comuni per c.a. e c.c.).

6.5 Dimensionamento di massima della rete di terra

La rete di terra è stata dimensionata in accordo alla Norma CEI 99-3.

In particolare, nel seguito si descrivono:

- il dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato C della Norma CEI 99-3;
- le caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui all'allegato B della Norma CEI 99-3.

6.5.1 Dimensionamento termico del dispersore

Il dispersore sarà realizzato con corda nuda in rame, la cui sezione può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}, \text{ dove:}$$

A = sezione minima del conduttore di terra, in mm²

I = corrente del conduttore, in A

t = durata della corrente di guasto, in s

$$K = 226 \frac{A \cdot \sqrt{s}}{mm^2} \text{ (rame)}$$

$\beta = 234,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Θ_i = temperatura iniziale in $^{\circ}\text{C}$ (20 $^{\circ}\text{C}$)

Θ_f = temperatura finale in $^{\circ}\text{C}$ (300 $^{\circ}\text{C}$)

Assumendo un tempo $t = 0,5 \text{ s}$ si ottengono i seguenti valori di sezione minima, in funzione del valore di corrente di guasto a terra:

I_g [kA]	<i>S teorica</i> [mm ²]	<i>S scelta</i> [mm ²]
63	229	240

In alternativa, tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 120 mm².

6.5.2 Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure. In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5 m. In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore. In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti "M" di cui all'Allegato E della Norma CEI 99-3.

6.6 Rumore

Nella stazione di transizione aereo-cavo non ci sono fonti di rumore permanente; le sole apparecchiature che rappresentano una sorgente di rumore sono gli interruttori, durante le manovre (di brevissima durata e pochissimo frequenti), possono provocare un rumore trasmissibile all'esterno. In ogni caso il rumore sarà contenuto nei limiti previsti dal DPCM 01-03-1991 e la legge quadro sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995 n. 447.

6.7 Opere civili

6.7.1 Fabbricato

Il fabbricato è costituito da un edificio nel quale saranno alloggiate le apparecchiature di comando e controllo , telecomunicazioni e misure. Il pavimento potrà essere realizzato di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi.

6.7.2 Piazzole

Le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT.

6.7.3 Fondazioni e cunicoli cavi

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato, con caratteristiche comunque uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera. Le caratteristiche delle fondazioni sono riportate nei disegni allegati. Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN.

I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

6.7.4 Ingressi e recinzioni

Il collegamento dell'impianto alla viabilità sarà garantito dalla strada di accesso alla vicina stazione di rete ed un nuovo tratto di viabilità dedicato alla stazione di transizione.

E' previsto un cancello carrabile largo m 7,00; l'ingresso sarà inserito fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale sarà conforme alla norma CEI 99-2.

6.7.5 Smaltimento acque meteoriche e fognarie

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.).

Lo smaltimento delle acque, meteoriche, è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro.

6.7.6 Illuminazione

L'illuminazione della stazione sarà realizzata pali tradizionali di tipo stradale, con proiettori orientabili a led installati lungo la recinzione perimetrale.

6.8 Caratteristiche delle principali apparecchiature dell'impianto.

Tutto l'impianto e le apparecchiature installate saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (99-2 e 99-3) e specifiche. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- tensione massima: 420 kV,
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 1050 kV,
- tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 1425 kV.

Interruttori tripolari in SF6:

- corrente nominale: 3150 A,
- potere di interruzione nominale in cto cto: 50 kA.

Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:

- corrente nominale: 3150 A (con lame di terra),
- corrente nominale di breve durata: 50 kA.

Trasformatori di corrente:

- rapporto di trasformazione nominale: 800-3200/5 A/A
- corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale,
- corrente nominale termica di cto cto: 63 kA.

Trasformatori di tensione:

- rapporto di trasformazione nominale: ,

Le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo.

Sbarre:

- corrente nominale: 2000 A.

Interruttore a tensione nominale 380 kV

GRANDEZZE NOMINALI				
Tipo	Y1/8	Y1/10	Y1/12	Y1/14
Tensione nominale (kV)	420			
Livello di isolamento nominale:				
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico:				
- verso terra (kV)	1425			
- tra i contatti aperti (kV)	1425 (+240)			
Tensione nominale di tenuta a impulso di manovra:				
- verso terra (kV)	1050			
- tra i contatti aperti (kV)	900 (+345)			
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale:				
- verso terra (kV)	520			
- tra i contatti aperti (kV)	610			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale (A)	3150	4000		
Durata nominale di corto circuito (s)	1			
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:				
- corrente continua (V)	110			
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400			
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):				
- corrente continua (W)	1500			
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500			
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	125	160	125	160
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO			
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	400			
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	400			
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400			
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	12,5	16	12,5	16
Durata massima di interruzione (ms)	60			
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80			
Durata massima di chiusura (ms)	150			
Forze statiche ai morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	1750			
- orizzontale trasversale (N)	1250			
- verticale (N)	1500			
Livello di qualificazione sismica	AF5			

Sezionatori orizzontali a tensione nominale 420 kV con lame di messa a terra

Codifica Terna	Y12/2	Y12/4	Y12/6	Y12/8
Classe di corrente indotta del sezionatore di terra	A		B	
Salinità di tenuta a 243 kV (kg/m ³)	40			
Tensione nominale (kV)	420			
Corrente nominale (A)	3150			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale di breve durata:				
- valore efficace (kA)	50	63	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1			
Accoppiamento elettromagnetico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	80		200	
- tensione induttiva nominale (kV)	2		22	
Accoppiamento elettrostatico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	1,25		18	
- tensione induttiva nominale (kV)	5		22	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:				
- verso massa (kV)	1425			
- sul sezionamento (kV)	1425 (+240)			
Tensione di prova ad impulso di manovra:				
- verso massa (kV)	1050			
- sul sezionamento (kV)	900 (+345)			
Tensione di prova a frequenza di esercizio:				
- verso massa (kV)	520			
- sul sezionamento (kV)	610			
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	2000			
- orizzontale trasversale (N)	660			
- verticale (N)	1500			
Tensione nominale di alimentazione:				
- motore e circuiti di comando ed ausiliari (V _{cc})	110			
- resistenza di riscaldamento (V _{ca})	230			
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando di ciascun sezionatore (kW)	2			
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15			

Sezionatori verticali a tensione nominale 420 kV

Codifica Terna	Y13/2	Y13/4
Salinità di tenuta a 243 kV (kg/m ³)	40	
Tensione nominale (kV)	420	
Corrente nominale (A)	3150	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600	
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	300	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	1425	
- sul sezionamento (kV)	1425(+240)	
Tensione di prova ad impulso di manovra:		
- verso massa (kV)	1050	
- sul sezionamento (kV)	900(+345)	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	520	
- sul sezionamento (kV)	610	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	4000	
- orizzontale trasversale (N)	1600	
- verticale (N)	1500	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V _{cc})	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V _{cc})	110	
- resistenza di riscaldamento (V _{ca})	230	
Assorbimento massimo complessivo motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	
Zona di contatto X/Y/Z (mm)	150/150/150	

Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale di 420 kV

Codifica Tema	Y14/1	Y14/2
Tensione nominale (kV)	420	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa (kV)	1425	
Tensione di prova ad impulso di manovra verso massa (kV)	1050	
Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa (kV)	520	
Sforzo meccanico orizzontale trasversale nom. sui morsetti (N)	3000	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V_{cc})	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V_{cc})	110	
- resistenza di riscaldamento (V_{ca})	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

Trasformatore di corrente a tensione nominale di 380 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Corrente termica di breve durata (I_{th})	(kA)	63
Tensione nominale (U_m)	(kV)	420
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale:	(A/A)	800/5 1600/5 3200/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 I_p
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 I_p
Corrente dinamica nominale (I_{dyn})	(p.u.)	2,5 I_{th}
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤ 0,2 ≤ 0,4 ≤ 0,8
Prestazioni e classi di precisione sul rapporto 800/5: I nucleo II e III nucleo	(VA/Cl.) (VA/Cl.)	20/0,2 40/0,5 15/5P30
Prestazioni e classi di precisione sul rapporto 1600/5 e 3200/5: I nucleo II e III nucleo	(VA/Cl.) (VA/Cl.)	30/0,2 60/0,5 30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	≤ 10
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	1550
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	680
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	1175

Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 380 kV

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/1	Y43/1	Y46/1	Y44/1
Tensione primaria nominale [kV]	380 / $\sqrt{3}$	220 / $\sqrt{3}$	150 / $\sqrt{3}$	132 / $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100 / $\sqrt{3}$			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2 – 75/0,5 – 100/3P			
Capacità nominale [pF]	4000÷10000			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000
Carico di tenuta meccanica sulla flangia [N]	-	-	4000	4000

Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 380 kV

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/2	Y43/2	Y46/2	Y44/2
Tensione primaria nominale [kV]	380/ $\sqrt{3}$	220/ $\sqrt{3}$	150/ $\sqrt{3}$	132/ $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100/ $\sqrt{3}$			
Numero avvolgimenti secondari [n]	1			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000

Scaricatori per tensione nominale a 380 kV

Tipo Terna	Y56
Tensione della rete 50Hz (max tensione)	380 kV (420 kV)
Tensione servizio continuo Uc	265 kV
Max tensione temporanea 1 s	366 kV
Max tensione residua con impulsi atmosferici (20 kA - 8/20 μ s)	830 kV
Max tensione residua con impulsi atmosferici (10 kA - 8/20 μ s)	-
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (20 kA - 1 μ s)	955 kV
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (10 kA - 1 μ s)	-
Max tensione residua con impulsi manovra (30/60 μ s)	2000 A: 720 kV
Classe di scarica della linea (IEC)	4
Corrente nominale scarica	20 kA
Valore di cresta impulsi forte corrente	100 kA
Corrente nominale di corto circuito	63 kA

7 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

7.1 Linee elettriche in corrente alternata – parte marina

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Non sono stati eseguiti i calcoli del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato, il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Per il calcolo del campo magnetico relativo ai collegamenti della parte marina sono state prese in esame le configurazioni più significative:

- collegamento tra gli aereogeneratori e la stazione di utenza: 1 terna di cavi a 66 kV, con l'utilizzo di cavi tripolari di sezione pari al massimo 500 mm².
- collegamento tra la stazione di utenza e la buca giunti terra-mare: 1 terna di cavi a 380 kV con l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 1000 mm².

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento è la seguente:

Tratto	In (A)	Portata Max (A)	Tipo Cavo
WTGx-SE	553	609	1x(3x1x500) mm ²
SE-BGTM	791	950	1x(3x1x1000) mm ²

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione il valore di corrente pari alla portata massima di ciascuna linea elettrica in cavo nelle condizioni normali, senza correzioni, secondo la Norma CEI 20-21, che risulta essere uguale a 609 A per il conduttore da 400mm² e 950 A per il conduttore da 1000mm². Le condizioni di impiego sono quindi inferiori a quelle di calcolo, che usano il valore della portata effettiva del cavo.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del parco eolico l'utilizzo esclusivo cavi tripolari assimilabili a cavi elicordati. Per quanto riguarda il modello per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una terna di conduttori avvolti ad elica, non è possibile utilizzare la semplice trattazione basata sull'ipotesi di conduttori rettilinei e paralleli. Per questo calcolo esiste in bibliografia ([8]-[9]) una formula approssimata utilizzabile a partire da una certa distanza dall'asse della terna di conduttori. Già a distanze paragonabili al passo dell'elica, la formula fornisce una buona approssimazione, ed è infatti utilizzata nelle principali trattazioni di interesse della tutela della salute.

In particolare la formulazione del calcolo del campo di induzione magnetica è:

$$B = \frac{3}{2} B_0 \gamma^2 I'_n(\eta) \left[K_1^2(\gamma) + \frac{1+\gamma^2}{\gamma^2} K_1^2(\gamma) \right]^{1/2}$$

Dove si può approssimare:

$$K_1(\gamma) \approx -K_1'(\gamma) \approx \sqrt{\frac{2}{\pi\gamma}} e^{-\gamma}$$

$$B \approx F \cdot \frac{3}{4} \sqrt{2} B_0$$

con

$$F = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \gamma^{3/2} e^{-\gamma}, \quad \text{'twist factor'}$$

Essendo inoltre:

$$k = \frac{2\pi}{p}, \quad \gamma = kr, \quad \text{con } r \text{ distanza del punto di calcolo e } p \text{ passo dell'elica}$$

$$\eta = k\alpha, \quad \text{con } \alpha \text{ il raggio del conduttore.}$$

Sulla base delle formule riportate in [8] e [9], è stato quindi implementato un software di calcolo (basato su MS excel) che consente di determinare il valore del campo di induzione magnetica generato da cavi elicordati (anche in presenza di più linee in parallelo).

Per le tipologie considerate di cavi sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

- cavi da 500mm²: p=2,0 m; a=0.045 m

I risultati delle simulazioni sono riportati nel seguito, dove è raffigurato l'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse della linea.

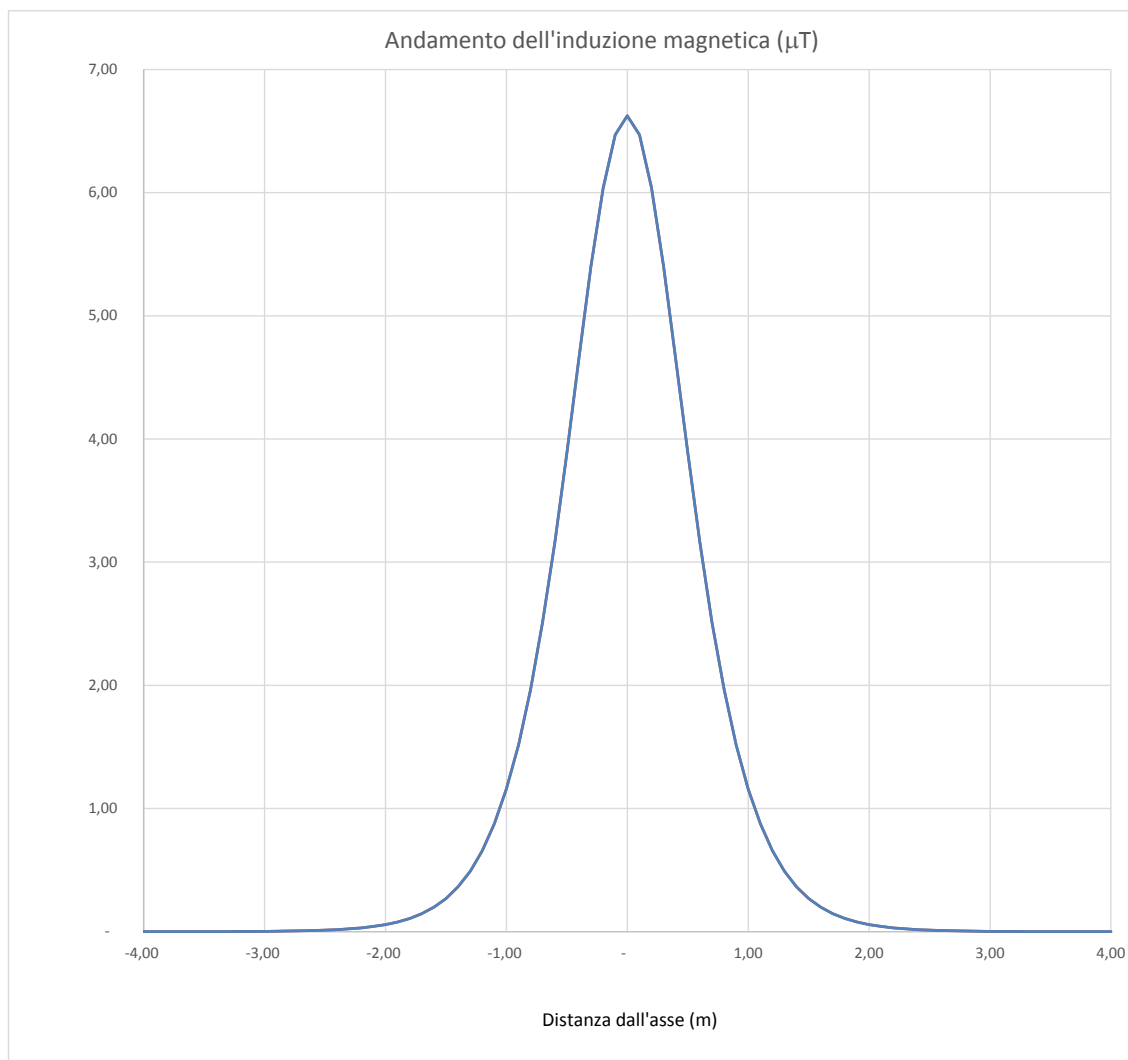


Figura 2: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo a 66 kV da 500 mm²

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a poco oltre 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

Per la trattazione del caso del cavo 380 kV si può prendere come riferimento il calcolo della parte terrestre di collegamento, identico nella portata.

7.2 Stazione di utenza Offshore 66/380 kV

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella stazione, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, si può affermare che i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

7.3 Elettrodotto a 380 kV in cavo interrato in corrente alternata – tratto terrestre

Ciascun cavo d'energia a 380 kV sarà costituito da un conduttore in rame compatto di sezione indicativa pari a circa 1000 mm² tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

DATI TECNICI DEL CAVO

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1000 mm ²
Materiale del conduttore	Unipolare in rame
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	380 kV

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Messa a terra degli schermi	“cross bonding” o “single point-bonding”
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,50 m
Formazione	Una terna a Trifoglio o in Piano
Tipologia di riempimento dello scavo	In sede stradale: secondo disposizioni degli enti proprietari delle strade interessate Furori da sede stradale: terreno vegetale
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A.	spessore minimo 6 cm
Posa di Nastro Monitore in PVC – profondità	1,00 m circa

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 950 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

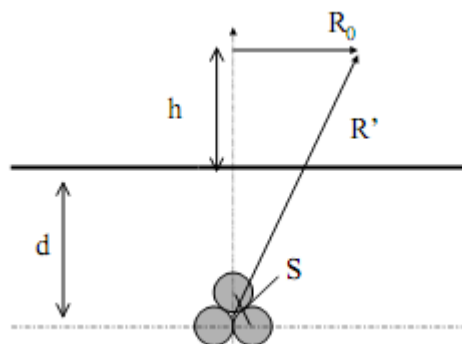
La verifica della DPA può essere eseguita secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, dove il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$$S = 0.114 \text{ m}$$

$$I = 950 \text{ A}$$

Si ottiene:

$$R' = 2,976 \text{ m}$$

Approssimando per eccesso la **DPA risulta pari a 3m.**

7.3.1 Calcolo distanza di prima approssimazione per le buche giunti

Di seguito si riporta il calcolo delle Distanza di Prima Approssimazione per le buche giunti, necessarie per la giunzione di due tratte di cavo, normalmente della lunghezza di 500/600 m.

Le dimensioni di una buca giunti sono di circa 8 m x 2,5 m, come rappresentato nella seguente figura.

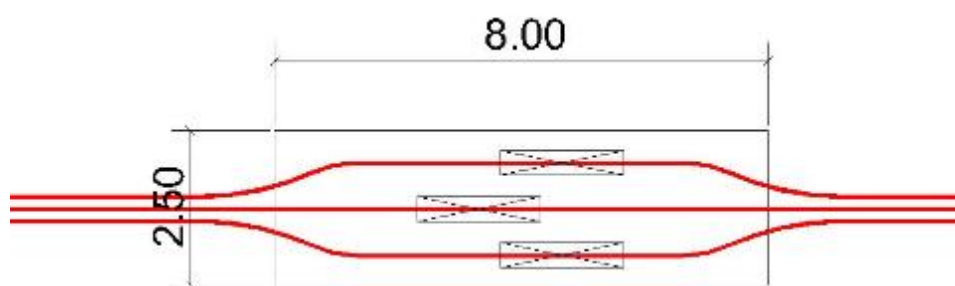
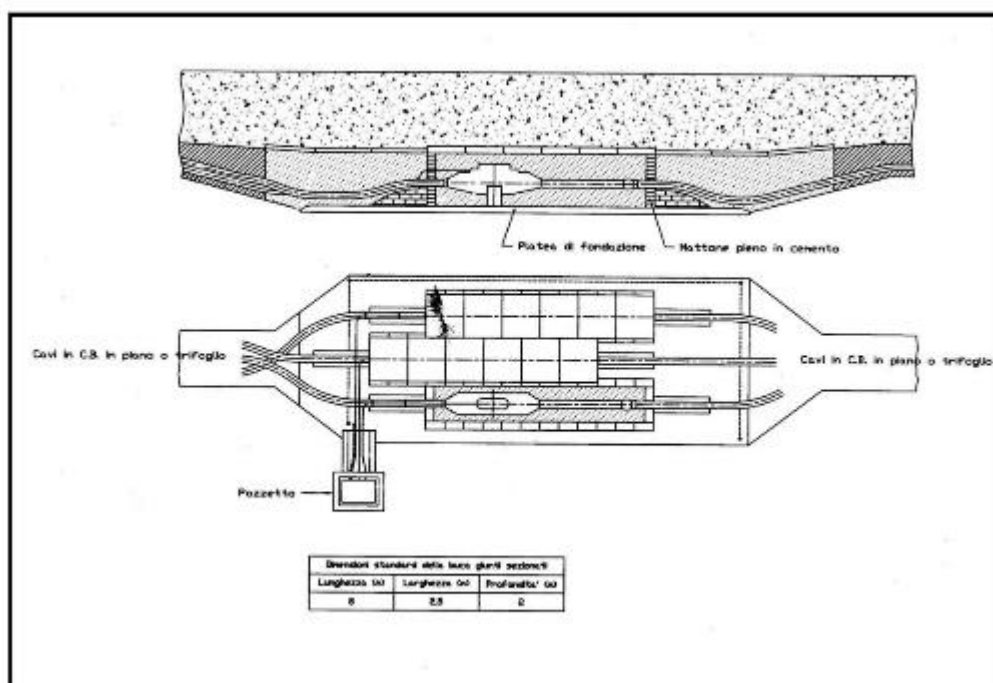


Figura 3: Schema planimetrico buca giunti

Le DPA, in corrispondenza di questo tipo di buca per la giunzione, risultano essere di circa 9,00 metri dall'asse della linea in cavo interrato, come riportato nelle figure seguenti.

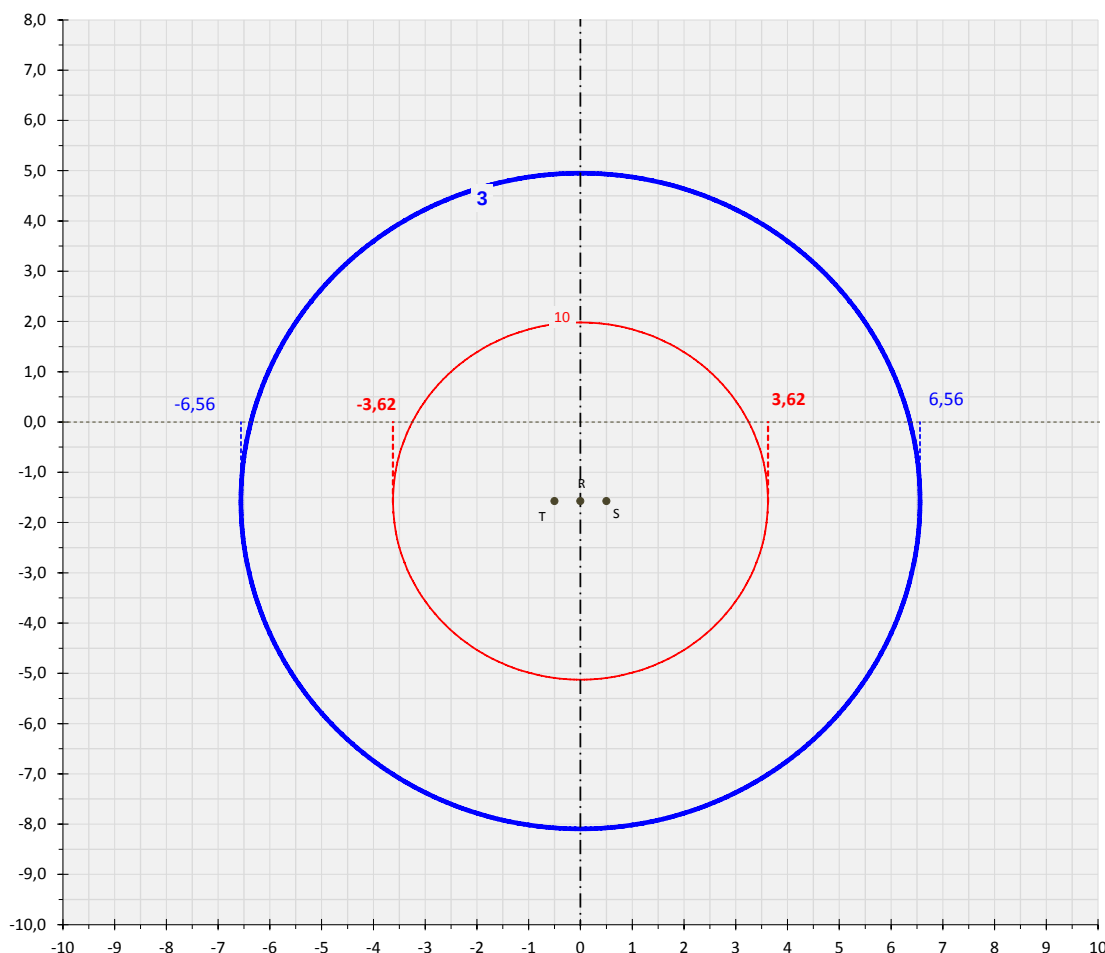


Figura 4: Curve di isolivello dell'induzione magnetica linea in cavo AT in corrispondenza della buca giunti

Il limite di $3 \mu\text{T}$ si raggiunge ad una distanza dall'asse della buca giunti di circa 6,5 m.

7.4 Stazione di interfaccia a 380 kV

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 380 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 20 m di distanza da queste ultime, come rappresentato nella seguente figura.

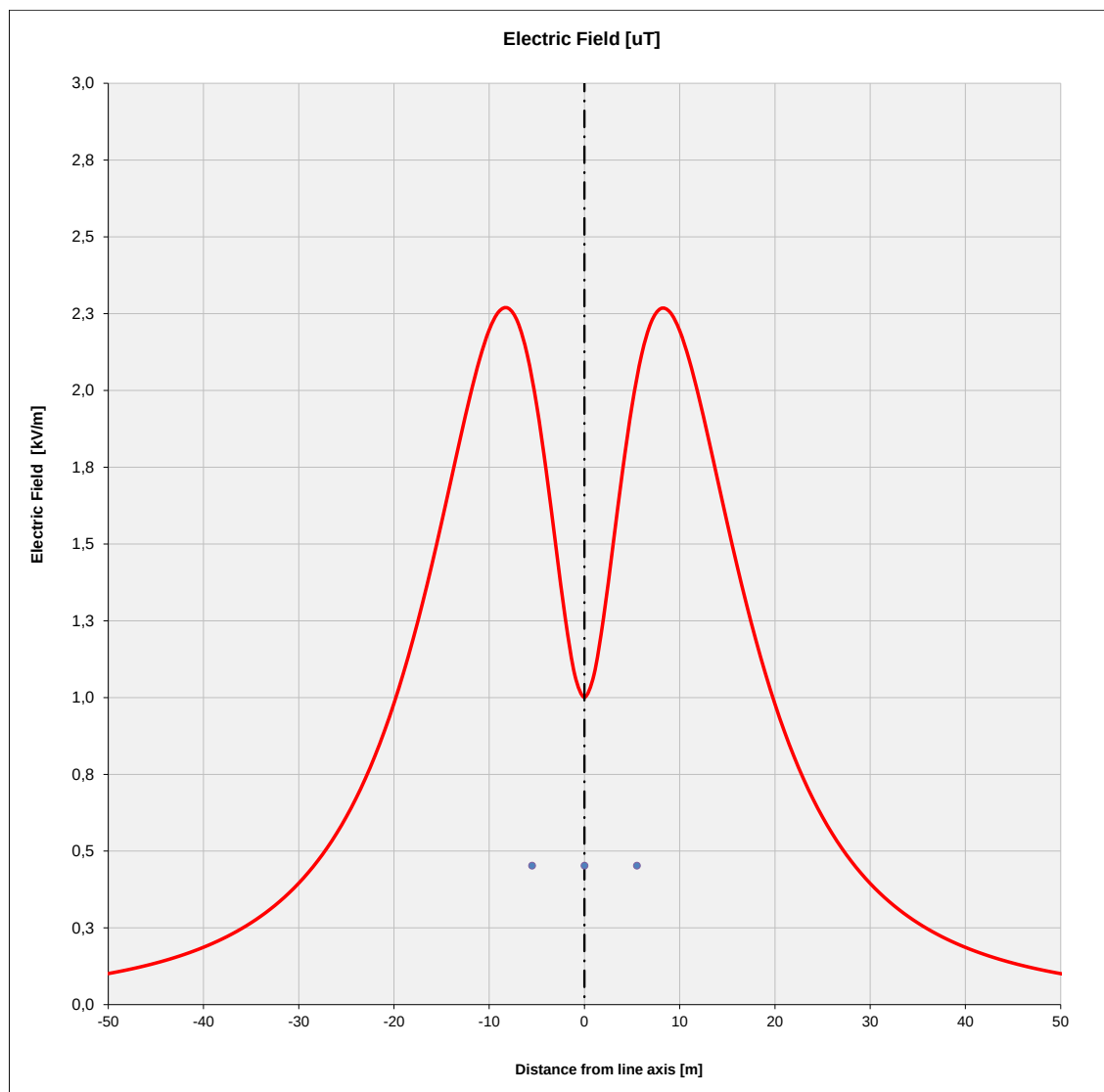


Figura 5: Andamento del campo elettrico totale sbarre a 380 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3 μT a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione. Considerando una corrente massima di 2000 A (pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse), condizione estremamente cautelativa rispetto alla massima corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

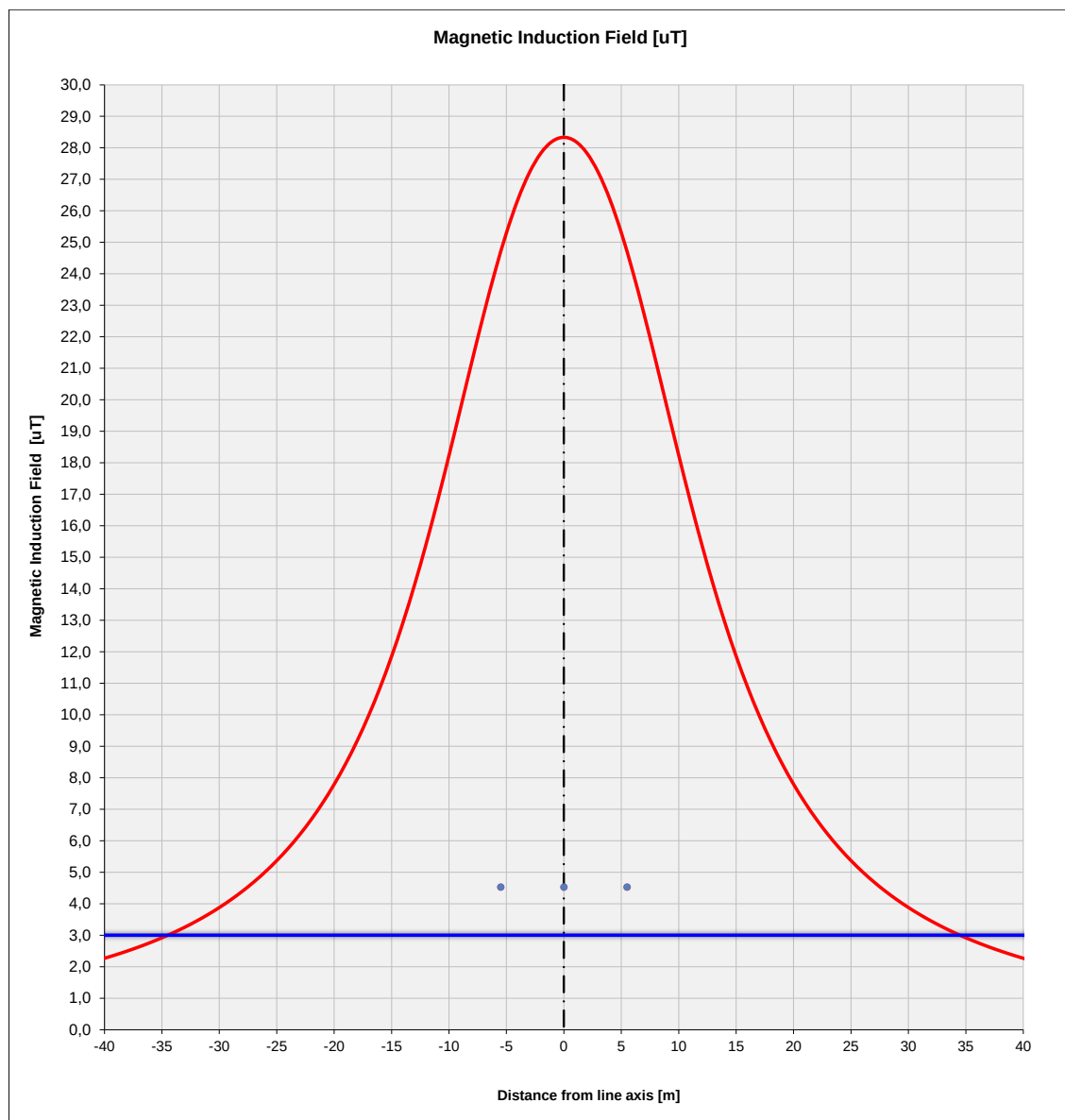


Figura 6: Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000$ A

Si può notare che ad una distanza di circa 35 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di 3 μT .

Data la localizzazione della stazione non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.