

Regione Puglia

COMUNE DI SALICE SALENTINO - COMUNE DI VEGLIE

PROVINCIA DI LECCE

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI,
NONCHE' OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE, DI POTENZA
PREVISTA IMMESSA IN RETE PARI A 60 MW
ALIMENTATO DA FONTE EOLICA DENOMINATO "SAVE ENERGY"**

OPERE DI CONNESSIONE E INFRASTRUTTURE PER IL COLLEGAMENTO ALLA RTN:
Comuni di Erchie (Br)-San Pancrazio Salentino (Br) - Avetrana (Ta)

PROGETTO DEFINITIVO

Codice Impianto: 6QZQR9

Tavola :

Titolo :

RELAZIONE SPECIALISTICA CALCOLO PRELIMINARI IMPIANTI

R08

Cod. Identificativo elaborato :

6QZQR9_DocumentazioneSpecialistica_R08

Progetto:

ENERWIND s.r.l.

Via San Lorenzo 155 - cap 72023 MESAGNE (BR)
P.IVA 02549880744 - REA BR-154453 - enerwind@pec.it

MSC Innovative Solutions s.r.l.s.

Via Milizia n.55 - 73100 Lecce
Tel. +39 3383137911
Email: msc.innovativesolutions@gmail.com - P. IVA 05030190754
Responsabile progettazione: Dott. Ing. Santo Masilla

Committente:

AVETRANA ENERGIA s.r.l.

Piazza del Grano n.3 - cap 39100 BOLZANO (BZ)
P.IVA 03050420219 - REA BZ 227626 - avetrana.energia@legalmail.it

SOCIETA' DEL GRUPPO

FRI-EL GREEN POWER S.p.A.
Piazza della Rotonda, 2 - 00186 Roma (RM) - Italia
Tel. +39 06 6880 4163 - Fax. +39 06 6821 2764
Email: info@fri-el.it - P. IVA 01533770218

Indagine Specialistiche :

Data

Revisione

Redatto

Approvato

20.06.2021

Prima Emissione

SM

MT

Data: Giugno 2021

Scala :

File: **6QZQR9_DocumentazioneSpecialistica_R08**

Controllato:

Formato:

A4

Ai sensi e per gli effetti degli art.9 e 99 della Legge n.633 del 22 aprile 1941 , ci riserviamo la proprietà intellettuale e materiale di questo elaborato e facciamo espresso divieto a chiunque di renderlo noto a terzi o di riprodurlo anche in parte, senza la nostra preventiva autorizzazione scritta.

Sommario

1.	Generalità	3
2.	Riferimenti legislativi	3
3.	Descrizione del progetto	4
4.	Descrizione dell'aerogeneratore	5
5.	Scelte progettuali dell'impianto elettrico.....	6
6.	Caratteristiche elettrodotto di media tensione	7
7.	Dimensionamento elettrico cavidotti MT	11
7.1	Portata dei Cavi.....	11
8.	Perdite	14
8.1	Perdite nei conduttori MT	14
8.2	Perdite del trasformatore.....	14
9.	Caratteristiche costruttive dei cavi MT	15
9.1	Segnalazione della presenza dei cavi.....	16
9.1.1.	Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione	17
9.1.2.	Coesistenza tra cavi di energia e tubazioni o serbatoi metalli interrati.....	18
9.1.3.	Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti.....	19
	Nei parallelismi tra linee elettriche posate in tubi interrati e condotte di metano (energia e segnale) non dovrà essere inferiore:	19
9.3	Prova di isolamento dei cavi MT.....	19
10.	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA	20
10.1.	Generalità	20
10.2	Descrizione generale	20
10.3	Rete di terra.....	21
10.4	RTU della sottostazione e dell'impianto AT di consegna.....	22
10.5	SCADA.....	22

10.6	Apparecchiature di misura dell'energia	22
10.7	Protezione lato MT	23
10.8	Protezione di interfaccia	23
10.9	Protezione del trasformatore AT/MT	23
10.10	Scelta del tipo di cavi AT	23
10.10.1	Temperatura di posa	27
10.10.2	Segnalazione della presenza dei cavi	27
10.10.3	Prova di isolamento	27
10.10.4	CRITERI DI COSTRUZIONE	27
10.10.5	Esecuzione di pozzetti e camerette	28
10.10.6	Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT	28

1. Generalità

La seguente relazione tecnica specialistica è riferita al progetto di un parco eolico da realizzarsi nel Comune di Salice Salentino (LE) e Veglie (LE) , di proprietà della società **Avetrana Energia S.r.l.** con sede Piazza del Grano n.3 - BOLZANO p.iva 03050420219 (società del gruppo FRI-EL GREN POWER) di seguito denominato **SAVE ENERGY**.

Il parco prevede la costruzione e la messa in esercizio, su torre tubolare in acciaio di altezza 115 m, di n. 10 aerogeneratori della potenza unitaria di 60 MW, per una potenza totale installata di 60 MW e potenza nominale di cessione alla rete di 58,5 MW. Gli aerogeneratori avranno rotore tripala del diametro di 170 m.

In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA N.202000958 del 23/11/2020), l'impianto eolico sarà collegato, mediante la sottostazione AT/MT utente, in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di "Erchie".

Gli impianti ed opere da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla sottostazione di trasformazione AT/MT;
 - sottostazione di trasformazione AT/MT sita nei pressi del punto di consegna AT;
 - raccordo AT (150 kV) in cavo interrato dalla sottostazione di trasformazione al punto di consegna AT nel futuro ampliamento della stazione TERNA da realizzare;
 - rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione;
- impianti di messa a terra

2. Riferimenti legislativi

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della "regola dell'arte", nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, con particolare riferimento a:

- Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: D. Lgs 81/08
- Legge n. 186 del 1/3/1968 Costruzione di impianti a regola d'arte;
- DM 24/11/1984 (Norme relative ai gasdotti);
- D.Lgs. 17/2010 (Direttiva Macchine);
- DM 05/08/1998 Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne;

- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), meglio specificate nelle relazioni specifiche (CEIEN 61936, CEI 11-17, ecc.).
- Norme e Raccomandazioni IEC;
- Prescrizioni e raccomandazioni Terna Spa: guide e specifiche tecniche;
- Prescrizioni e raccomandazioni della Struttura Pubblica di Controllo Competente (ASL/INAIL);
- Norme di unificazione UNI, UNEL, TERNA.
- Direttive europee.

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analogia rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati. Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di marchio CE e Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è esistente e ammesso. Saranno, comunque, rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Capacità di ampliamento;
- Accessibilità;
- Facilità di gestione.

3. Descrizione del progetto

Il progetto elettrico dell'impianto eolico è descritto in dettaglio nella Relazione specialistica opere elettriche.

Ciascun generatore eolico produrrà energia elettrica alla tensione di 690 V c.a. All'interno di ciascuna torre sarà installato un trasformatore 0,69/30 kV per la trasformazione di detta corrente alla tensione di 30 kV.

Gli aerogeneratori sono suddivisi, dal punto di vista elettrico, in due sottogruppi, detti sottocampi. L'energia prodotta da ciascun gruppo di aerogeneratori sarà convogliata verso la SSE. Nella SSE ci sarà una ulteriore trasformazione con innalzamento della tensione a

150 kV ed allaccio alla RTN.

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 10 aerogeneratori della potenza massima di circa 6,2 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 115 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione MT/BT;
- rete elettrica interrata a 30 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la sottostazione;
- n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT nei pressi della stazione elettrica (SE) Terna S.p.A. a 150 kV esistente nel Comune di Erchie (punto di consegna previsto);
- raccordo AT 150 kV in cavo interrato tra la sottostazione e il punto di consegna nel futuro ampliamento della stazione di trasformazione 380/150 kV TERNA, nel comune di Erchie;
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

4. Descrizione dell'aerogeneratore

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza massima di 6200 kW e tensione nominale di 690 V tipo SG170.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore che ha diametro massimo di 170 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un sistema di alberi e moltiplicatori di giri per permettere la connessione al generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore MT/BT.

Tutti i componenti su menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L'intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno al proprio asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in base al profilo

delle pale;

✓ il controllo della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento,

ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;

✓ l'avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare. La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore. Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di *Cut-out windspeed* (fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata: passo fisso, passo variabile, velocità variabile.

5. Scelte progettuali dell'impianto elettrico

Al fine di rendere flessibile l'intero parco eolico sono state studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico tenendo conto delle condizioni in sito dell'impianto e della sua consistenza elettrica.

Gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esce" raggruppandoli anche in funzione del percorso delle linee in cavo da installare, evitando sprechi di materiale, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi. Si sono così individuati 3 sottocampi di cui due da 3 turbine e uno da 4 turbine.

La sottostazione di trasformazione AT/MT è stata ubicata nei pressi del punto di connessione presso la stazione TERNA da realizzare e raccoglie le linee MT di

interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna AT mediante un raccordo in cavo interrato AT (150 kV); I percorsi delle linee, illustrati nei disegni, potranno essere meglio definiti in fase di progettazione di dettaglio e costruttiva. All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, travi, parti di altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio delle condutture;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.
- In sede di redazione de presente Progetto definitive sono state accuratamente verificate le interferenze con altri impianti quali rete SNAM rete Gas e interferenze strutturali e di orografia superfiale; negli elaborati progettuali sono indicate le soluzioni scelte per il loro superamento.

6. Caratteristiche elettrodotto di media tensione

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione.

La rete MT di raccolta ha schema radiale ed è costituita da linee in cavo interrato collegate in entra-esce attraverso le cabine MT di torre, determinando due sottocampi composti da quattro aerogeneratori:

Sottocampo 1 con ultimo aerogeneratore S06

Sottocampo 2 con ultimo aerogeneratore S02

Sottocampo 3 con ultimo aerogeneratore S08

Ciascuna delle suddette linee, a partire dall'ultimo aerogeneratore del ramo, provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, nella sottostazione di trasformazione AT/MT di Erchie.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici con percorrenza prevalentemente su strada pubblica. Pertanto si possono identificare due sezioni della rete MT:

- la rete di raccolta dell'energia prodotto suddivisa in 3 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri MT delle torri in configurazione entra-esce,

- la rete di vettoriamento che collega l'ultimo aerogeneratore del sottocampo alla sottostazione di trasformazione AT/MT.

Sarà posata nello scavo degli elettrodotti MT una corda di terra in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm². La corda sarà interrata ad una profondità di 0,85 m minimo (secondo standard enel). La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare; migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

Le linee MT interne al parco eolico, di connessione tra gli aerogeneratori e tra questi e la SSE, saranno realizzate con cavi unipolari tipo ARE4H5E o similari, direttamente interrati. La posa interrata avverrà ad una profondità di 1,2 m con una larghezza dello scavo di 30 cm. variabile in alcuni casi a 60cm. L'utilizzo di cavi tipo airbag, con doppia guaina in materiali termoplastici (PE e PVC) che migliora notevolmente la resistenza meccanica allo schiacciamento rendendoli equivalenti, ai sensi della Norma CEI 11-17, a cavi armati, consente la posa interrata senza utilizzo di ulteriore protezione meccanica.

Più precisamente saranno utilizzati cavi 18/30 kV, con conduttore in alluminio, semiconduttore esterno, isolamento, altro semiconduttore esterno, materiale per la tenuta all'acqua, schermo metallico, guaina interna in polipropilene, guaina esterna in PVC (doppia guaina per posa direttamente interrata), di sezione 3x1x95 mmq, 3x1x240 mmq, 3x1x400 mmq e 3x1x630 mmq. In fase di progetto esecutivo queste sezioni potrebbero subire qualche variazione, tipologia adottata tipo ARE4H5E o equivalenti.

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione (MT) è trasferita in elettrodotto, in esecuzione completamente interrata, fino alla sottostazione di trasformazione/consegna (AT/MT).

L'elettrodotto si compone di due sezioni fondamentali:

1. il collegamento delle diverse torri tra di loro;
2. il collegamento dei gruppi di macchine con la sottostazione di consegna (SSE).

Per il collegamento delle torri si prevede la realizzazione di linee MT costituite da

collegamenti del tipo entra-esce. Le linee raccolgono, pertanto, l'energia prodotta dai generatori. Il percorso dell'elettrodotto di collegamento dei trasformatori (posti, come si è detto, all'interno delle torri) è rappresentato nelle tavole allegate.

I cavi saranno direttamente interrati e sarà prevista la posa, all'interno del proprio scavo, del tegolino di protezione tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PEAD.

Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

L'impiego di pozzetti o camerette sarà limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti. Inoltre ogni 2.5 km circa saranno posati dei pozzetti per la verifica delle scariche parziali on&off line e per la ricerca dei guasti.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa considerando anche che devono essere minimizzate le perdite.

Sono state utilizzate preliminarmente sezioni da 95, 240, 400, 630 mm² con tensione nominale 18/30 kV. Per il cavidotto di vettoriamento la linea è stata suddivisa in n. 2 terne che saranno posate nello stesso scavo per il tracciato condiviso.

Nella tabella del paragrafo successivo sono riportati i risultati dei calcoli delle correnti di impiego, la scelta delle sezioni e la portata dei cavi MT per la posa interrata. I coefficienti di calcolo sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a 1,5 K•m/W (coefficiente Ci);
- temperatura terreno pari a 25° C (coefficiente Ca);
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti più condutture (coefficiente Cg);
- profondità di posa pari a 1,20 m (coefficiente Cd)
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z (portata del cavo nelle condizioni di posa specificate) uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito.

Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo. Per il cavidotto di vettoriamento, la scelta del numero di cavi e della sezione tiene conto anche della caduta di tensione sulla linea.

Le linee saranno realizzate in modalità “entra-esci” (suddivise in due sottocampi), secondo lo schema a blocchi di seguito riportato. Ciascun sottocampo sarà poi collegato alla SSE di connessione.

<i>Sottocampo 1</i> S10→S09→S06→SSE	
<i>Sottocampo 2</i> S03→S04→S05→S02→SSE	<i>Sottocampo 3</i> S01→S07→S08→SSE

Schema a blocchi Parco Eolico

Lo sviluppo lineare dei cavidotti è di 21.605 ml per il primo sottocampo, 20.510 ml per il secondo sottocampo e 20.690 per il terzo sottocampo. Si riporta in tabella la sezione di cavi utilizzati, unitamente alla stima delle lunghezze effettuate sulla base delle misurazioni su CAD, da confermare in campo in sede di progetto esecutivo.

SOTTOCAMPO 1	Potenza KW	Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
WTGS10-WTGS09	6.000	1.965 ml	3x1x95 mmq - Al
WTGS09-WTGS06	12.000	2.290 ml	3x1x240 mmq - Al
WTGS06-SSE	18.000	17.350 ml	3x1x400 mmq - Al
SOTTOCAMPO 2		Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
WTGS03-WTGS04	6.000	3.080 ml	3x1x95 mmq - Al
WTGS04-WTGS05	12.000	1.380 ml	3x1x240 mmq - Al
WTGS05-WTGS02	18.000	4.550 ml	3x1x400 mmq - AL
WTGS02N-SSE	24.000	11.500 ml	3x1x630 mmq -AL

SOTTOCAMPO 3		Lunghezza stimata	Sezione e formazione cavi
WTGS01-WTGS07	6.000	890 ml	3x1x95 mmq - Al
WTGS07-WTGS08	12.000	1.550 ml	3x1x240 mmq - Al
WTGS08-SSE	18.000	18.250 ml	3x1x400 mmq - AL

Lunghezza e sezione cavi MT30KV interrato

7. Dimensionamento elettrico cavidotti MT

7.1 Portata dei Cavi

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato il metodo descritto dalla tabella IEC 60364-5-52. Considerazioni di carattere commerciale fanno ipotizzare l'utilizzo di non più di 4 diverse sezioni di cavi con conduttore in alluminio ed isolante in XLPE:

S₁: 1x3x**95** mmq per tratti di cavidotto con potenza fino a 6,2 MW (1 aerogeneratori);

S₂: 1x3x**240** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 12,4 MW (2 aerogeneratori);

S₃: 1x3x**400** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 18,6 MW (3 aerogeneratori).

S₄: 1x3x**630** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 24,8 MW (4 aerogeneratori).

A partire dalla portata nominale, si calcola un fattore correttivo

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Dove:

K₁ è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

K₂ è il fattore di correzione da applicare in funzione delle modalità di posa;

K₃ è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Km/W, valido per terreni asciutti;

K₄ è il fattore di correzione profondità di posa diversa da 0,7 m.

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della richiamata CEI-UNEL 35026):

K₁ = 0,95 poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

K₂ = 0,85 poiché abbiamo nelle trincee cavi al più due circuiti, con cavi direttamente interrati, distanza tra i circuiti di circa 12,5 cm;

K₃ = 1 poiché la resistività termica del terreno si suppone pari al valore nominale di 1,5 km/W;

K₄ = 0,96 poiché la profondità di posa è di 1,2 m.

Inoltre, poiché la posa è direttamente interrata anziché in tubazione si considera K_{tubazione} = 1.

In definitiva, il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_{tubazione} = 0,77$$

Nella tabella seguente si riporta, per le differenti sezioni, la portata effettiva del cavo nelle condizioni di posa previste a progetto (I_z) e la massima corrente che attraverserà il cavo (I_b). Rammentiamo che si tratta di cavi con conduttore in alluminio e isolante in XLPE.

Sezione	Portata I_z	Corrente I_b
S1: 1x3x 95 mmq	$I_{z-1} = 255 \times 0,77 = \mathbf{196, A}$	$I_{b-1} = \mathbf{117,7 A} < 195,6 A$
S2: 1x3x 240 mmq	$I_{z-2} = 426 \times 0,77 = \mathbf{328,02 A}$	$I_{b-2} = \mathbf{235,3 A} < 328,02 A$
S3: 1x3x 400 mmq	$I_{z-3} = 549 \times 0,77 = \mathbf{422,7 A}$	$I_{b-3} = \mathbf{353,0 A} < 422,7 A$
S4: 1x3x 630 mmq	$I_{z-4} = 709 \times 0,77 = \mathbf{545,93 A}$	$I_{b-4} = \mathbf{470,7 A} < 545,93 A$

Con

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos\varphi}$$

Dove:

I_b = corrente massima che attraversa il cavo;

P_n = Potenza massima trasportata dal cavo

V_n = Tensione nominale di impianto (30 kV)

$\cos \varphi = 0,98$

Numero aerogeneratori	P_n	Corrente I_b
1	6,0 MW	$I_{b-1} = \mathbf{117,7 A} < 195,6 A$
2	12,0 MW	$I_{b-2} = \mathbf{235,3 A} < 328,02 A$
3	18,0 MW	$I_{b-3} = \mathbf{353,0 A} < 422,7 A$
4	24,0 MW	$I_{b-4} = \mathbf{470,7 A} < 545,93 A$

7.2 Caduta di tensione

Di seguito si riporta la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta v \times L \times I}{V} \times 100$$

Dove:

V = tensione di linea [V]

Δv = caduta di tensione specifica, $\sqrt{3} \times (r \cos\phi + x \sin\phi)$ [V/A km]

L = lunghezza della linea [km]

I = corrente di carico [A]

r = resistenza specifica [Ω /km]

x = reattanza specifica [Ω /km]

Cos ϕ = fattore di potenza

FORMAZIONE	RESISTENZA a 20°C [W/km]	REATTANZA [W/km]	CADUTA DI TENSIONE [V/A km]
3x1x95 ARE4H5E(X)	0,411	0,134	0,74
3x1x240 ARE4H5E(X)	0,211	0,119	0,42
3x1x400 ARE4H5E(X)	0,129	0,11	0,28
3x1x630 ARE4H5E(X)	0,10	0,09	0,11

Nel dettaglio risulta:

	Nodo	Lunghezza(m)	Sezione mm2	Posa	Potenza (MW)	Corrente Ib (A)	Caduta di tensione ΔV_i (V)	Caduta di tensione ΔV_i %	Caduta di tensione totale ΔV_i %
S1	S10-S09	1965	95	interrato	6,0	196,6	73,64	0,25	2,02
	S09-S06	2290	240	interrato	12,0	328,02	67,94	0,23	
	S06-SSE	17350	400	interrato	18,0	422,7	463,24	1,54	
S2	S03-S04	3080	95	interrato	6,0	132,6	115,42	0,38	1,79
	S04-S05	1380	240	interrato	12,0	265,2	40,94	0,14	
	S05-S02	4550	400	interrato	18,0	402,0	121,49	0,4	
	S02-SSE	11500	630	interrato	24,00	530,3	259,94	0,87	
S3	S01-S07	890	95	interrato	6,0	196,6	33,35	0,11	1,88
	S07-S08	1550	240	interrato	12,00	328,2	45,98	0,15	
	S08-SSE	18250	400	interrato	18,00	422,7	487,28	1,62	

8. Perdite

8.1 Perdite nei conduttori MT

A partire dalla caduta di tensione potrà essere calcolata la perdita di potenza sulla rete MT, nel caso in cui il Parco eolico produca alla massima potenza (49,6 MW). Avremo per ciascun Sottocampo

$$\text{Perdite} = \text{C. d. T\%} \times \text{Pmax sottocampo}$$

Caduta di tensione complessiva ΔV_i %	Perdita di potenza [kW]
2,02	363,6
2,107	505,68
1,88	338,40
Perdita Totale	1207,68

In pratica sulla sola rete MT abbiamo perdite, nel caso in cui gli aerogeneratori producano alla massima potenza, di 1,21 MW. A queste perdite vanno aggiunte le perdite dei trasformatori MT/BT negli aerogeneratori, le perdite nel trasformatore MT/AT e le perdite sulla linea AT. Delle perdite dei trasformatori si dirà nel prossimo paragrafo, le perdite sulla linea AT (molto corta) sono di fatto trascurabili.

8.2 Perdite del trasformatore

Il rendimento di un trasformatore è definito come rapporto tra potenza resa e potenza assorbita. Sebbene il rendimento di un trasformatore sia sempre piuttosto elevato (generalmente non inferiore al 96%), le perdite sono essenzialmente di due tipi:

- perdite a vuoto
- perdite a carico

Le **perdite a vuoto** sono dette “perdite nel ferro”, poiché hanno sede nel nucleo ferromagnetico in cui è presente il flusso di induzione sinusoidale e sono dovute alle correnti parassite, dipendono dal quadrato della tensione e sono praticamente indipendenti dal carico. Esistono ogniqualvolta il trasformatore è alimentato.

Le **perdite a carico** (“perdite nel rame”) sono le perdite nei conduttori degli avvolgimenti, dette “perdite nel rame”. Dipendono dal quadrato della corrente che scorre nei conduttori

stessi e quindi dipendono fortemente dal carico. Esistono solo se circola una corrente di carico e sono dovute principalmente alle perdite per effetto Joule nei conduttori. Ad esse si aggiungono le perdite addizionali, che sono dovute agli effetti dei flussi magnetici variabili nel tempo che investono i conduttori e le altre parti metalliche dei trasformatori.

Le perdite a vuoto a tensione nominale P_{Fe} e le perdite a carico a corrente nominale P_{cc} sono stabilite nel progetto del trasformatore e sono pertanto fornite dal costruttore.

Dal momento che le P_{cc} dipendono dalle caratteristiche dei trasformatori installati che al momento non sono a disposizione ci limitiamo a dire che esse vengono calcolate con la formula

$$P_{Cu} = P_{cc} (I / I_n)^2$$

Dove:

P_{Cu} è la perdita a carico quando il trasformatore è percorso dalla corrente I

P_{cc} è la perdita a carico quando il trasformatore è percorso dalla corrente nominale I_n , ed è un dato di targa del trasformatore.

Con semplici passaggi matematici la formula può anche essere scritta nella forma:

$$P_{Cu} = P_{cc} (S / S_n)^2$$

Dove

S è la potenza generata (sul secondario) dal trasformatore percorso dalla corrente I ,

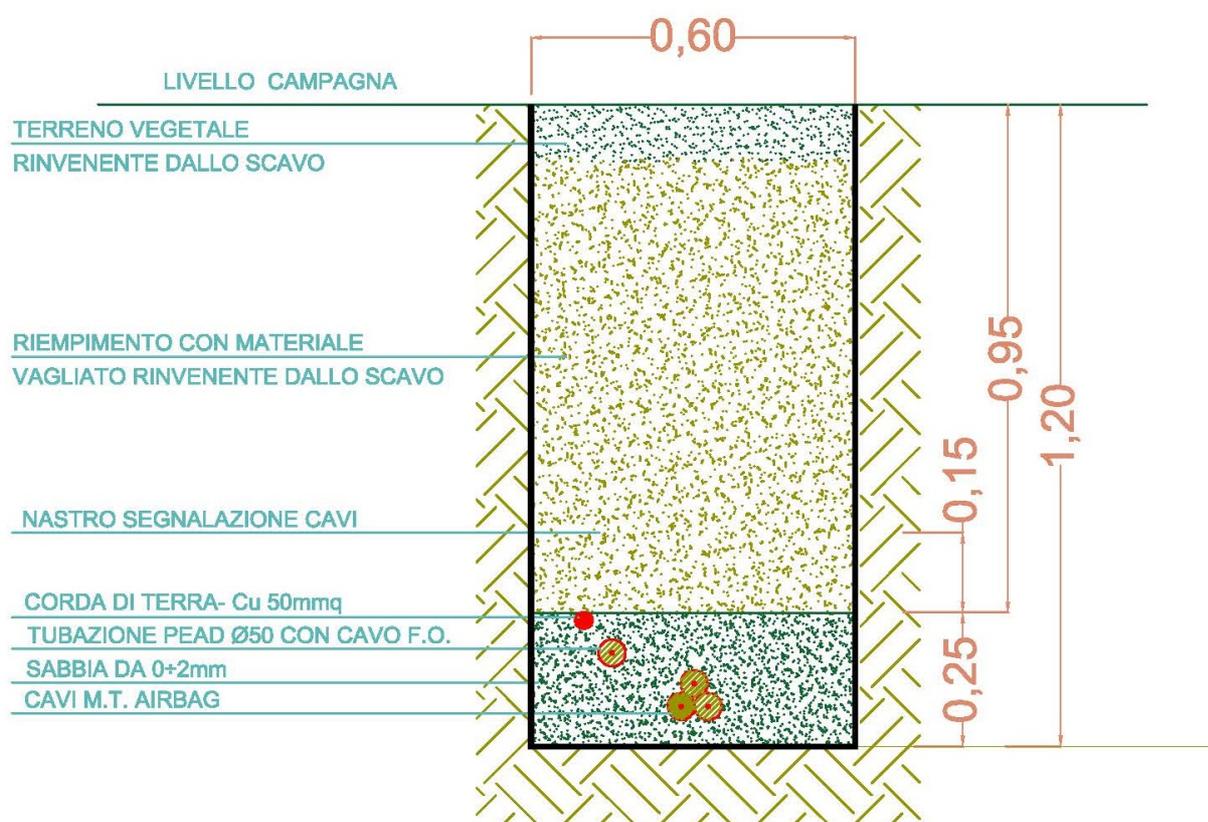
S_n è la potenza di targa del trasformatore.

Pertanto non avendo a disposizione il valore di P_{cc} , come detto, fornito dal costruttore, ci limitiamo a dire che le perdite sono comunque inferiori all'1% sia per i trasformatori MT/BT negli aerogeneratori sia per il trasformatore MT/AT in SSE.

E' evidente pertanto che il parco eolico in progetto pur avendo una potenza installata di 60 MW potrà fornire nel punto di consegna alla RTN una potenza sicuramente non superiore a 58,19 MW.

9. Caratteristiche costruttive dei cavi MT

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di cavi unipolari con posa a trifoglio ARE4H5E, o similari. Essi sono costituiti da conduttori in alluminio a corda rotonda compatta di alluminio; tra il conduttore e l'isolante in mescola in polietilene reticolato (qualità DIX8), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà fatta mediante un nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. La guaina sarà in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2).



Tipo cavidotto interrato MT

9.1 Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi sarà posato sotto la pavimentazione, un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche la presenza dell'elettrodotto interrato sarà segnalata con il posizionando opportuna segnaletica.

Su viabilità pubblica saranno poste, in superficie, opportune paline segnaletiche con l'indicazione della tensione di esercizio e con i riferimenti della Società responsabile dell'esercizio della rete MT.

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le norme CEI 11-17.

La curvatura dei cavi sarà tale da non provocare danni agli stessi.

Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi sarà eseguita nel range fissato dal fabbricante dei cavi.

Per quanto riguarda le minime profondità di posa tra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo si terrà conto di quanto segue:

- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 0 e 1: 0,5 m;
- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 2: 0,6 o 0,8 m;
- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 3: 1,0 o 1,2 m.

Nei tratti in cui si attraverseranno terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non potranno essere rispettate le profondità minime sopra indicate, saranno predisposte adeguate protezioni. In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata saranno rispettate le prescrizioni del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada (D.P.R. 16.12.1992, n. 495, art. 66, comma 3) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada, pertanto la profondità minima misurata dal piano viabile di rotolamento non sarà inferiore a 1 m.

9.2 Coesistenza tra i cavi MT e i sottoservizi

Lungo il percorso del cavidotto si riscontrano interferenze con dei sottoservizi della rete GAS opportunamente segnalate nel Progetto con indicate le soluzioni per il loro superamento. In sede di conferenza di servizio, saranno verificate eventuali altre interferenze con i gestori dei sottoservizi. Nella presente sono indicate le distanze da mantenere da eventuali sottoservizi secondo quanto indicato dalla norma CEI 11-17.

9.1.1. Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione

Nei percorsi dove vi potrebbe essere l'incrocio con cavi di telecomunicazioni, la tubazione dei cavi di energia dovrà essere posta al di sotto del cavo di telecomunicazioni ad una distanza non inferiore di 0,30m.

Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione devono essere posati alla Maggiore possibile distanza tra loro; nel caso in cui, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato tale criterio, bisognerà mantenere, fra essi, una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Nel caso in cui i cavi di energia e di telecomunicazione dovranno essere posati nello stesso manufatto, occorrerà posare i cavi in tubazioni distinte in modo tale da evitare che possano venire a diretto contatto fra loro.

9.1.2. Coesistenza tra cavi di energia e tubazioni o serbatoi metalli interrati

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non deve effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si dovranno effettuare giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio. In ogni caso la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione dovrà essere di 0,50 m. Tale distanza può 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 venga interposto un elemento separatore non metallico; questo elemento dovrà 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 di cui sopra possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo con gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico.

Per quanto riguarda i parallelismi tra cavi di energia e le tubazioni metalliche si dovrà osservare una distanza minima di 0,30 m, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione. Tuttavia sarà possibile derogare tale prescrizione, previo accordo con gli esercenti, nei seguenti casi:

- quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m:
- quando 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 dovranno mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso, tale tipo di posa sarà consentito, purché il cavo di energia e le tubazioni non siano posti a diretto contatto fra loro. In caso di interferenza con rete metallica AQP (o altro sottoservizio) sarà eseguito lo studio delle interferenze elettromagnetiche in conformità alla norma CEI EN 50443 che fornisce i limiti relativi all'interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche in corrente alternata su tubazioni metalliche.

9.1.3. Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

Nei parallelismi tra linee elettriche posate in tubi interrati e condotte di metano (energia e segnale) non dovrà essere inferiore:

- alla profondità di posa adottata per il tubo del metano per le condotte di 1a, 2a e 3a specie;
- a 0,5 m per condotte di 4a e 5a specie, UNI 9165, art. 6.7.3;
- alla distanza che consenta di eseguire gli eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati, per le condotte di 6a e 7a specie, UNI 9165, art. 6.7.3.

La distanza va misurata tra le due superfici affacciate.

Negli incroci tra linee elettriche posate in tubi interrati e condotte di la distanza di sicurezza tra condotte di metano non drenate (1a, 2a, 3a specie) e le tubazioni per cavi elettrici (energia e segnale) nel caso in cui vi sia un incrocio dovrà essere almeno 1,5 m (Secondo il Dm 17/04/08, All. A, art. 2.7). Per le altre condotte si dovrà avere una distanza:

- di 0,5 m per le condotte di 4a e 5a specie;
- tale da consentire l'esecuzione di eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati per le condotte di 6a e 7a specie.

La distanza va misurata in senso verticale tra le due superfici affacciate.

I cavidotti contenenti cavi di energia dovranno distare almeno 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi e gas infiammabili.

9.3 Prova di isolamento dei cavi MT

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio,

l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

10. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA

10.1. Generalità

La sottostazione AT/MT, da realizzarsi nei pressi del punto di consegna, è il punto di raccolta e trasformazione del livello di tensione da 30 kV a 150 kV per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di raccolta a 30 kV.

Nella sottostazione la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV e consegnata alla rete mediante breve linea in cavo interrato a 150 kV che si attesterà ad uno stallo di protezione AT, per la connessione in antenna con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di "Erchie".

10.2 Descrizione generale

Il progetto della sottostazione elettrica di conversione prevede che l'entrata dei cavi MT (30 kV) avvenga mediante posa interrata, mentre l'uscita dei cavi AT (150 kV) avvenga anch'essa mediante posa interrata, al fine di garantire il raccordo con la stazione RTN tramite uno stallo dedicato indicato da TERNA.

La sottostazione AT/MT comprenderà un montante AT per l'impianto in oggetto, che sarà principalmente costituita da uno stallo trasformatore, da una terna di sbarre e uno stallo linea.

Lo stallo trasformatore AT/MT sarà composto da:

- trasformatore di potenza AT/MT;
- terna di scaricatori 150 kV;
- terna di TA 150 kV;
- interruttore tripolare 150 kV;
- terna di TV induttivi 150 kV;
- sezionatore tripolare 150 kV;

Lo stallo linea invece sarà formato da:

- terna di TV 150 kV induttivi di sbarra;
- sezionatore tripolare 150 kV;
- terna di TA 150 kV;
- interruttore tripolare 150 kV;
- terna di TV induttivi 150 kV;
- sezionatore tripolare 150 kV con lame di terra;
- terna di scaricatori 150 kV;
- terminali per il raccordo interrato con il punto di consegna.

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, il magazzino, ecc. Inoltre sarà installato un gruppo elettrogeno di potenza adeguata che alimenti i servizi fondamentali di stazione in mancanza di tensione.

In ottemperanza alle indicazioni TERNA la sottostazione prevederà anche l'aggiunta di altri 3 stalli produttore per altri impianti. Uno stallo sarà dedicato a MySun Metka e sarà indipendente, gli altri due stalli saranno dedicati ad altri impianti del Gruppo Friel. Inoltre è prevista una zona comune all'interno della quale sarà installato lo stallo di linea per la connessione alla RTN di tutti i produttori.

10.3 Rete di terra

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 120 mm² interrati ad una profondità di almeno 0,7 m. L'impianto di messa a terra secondario sarà composto dai collettori principali di terra (piatto di rame di dimensioni 500x50x6 mm), conduttori equipotenziali di colore giallo-verde di idonea sezione e isolamento e sarà connesso direttamente alla maglia di terra interrata. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm². La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

In base alle prescrizioni di TERNA potrà essere necessario anche un collegamento dell'impianto di terra della sottostazione con quello della stazione RTN.

Sarà posata nello scavo degli elettrodotti MT una corda di terra in rame elettrolitico di sezione di opportuna per collegare l'impianto di terra della sottostazione con gli impianti di

terra della centrale (torri eoliche e cabine elettriche). La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

10.4 RTU della sottostazione e dell'impianto AT di consegna

Tale sistema deve rispondere alle specifiche TERNA S.p.A. Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto.

La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT e MT della sottostazione;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;

Trasmettere a TERNA S.p.A. i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti TERNA.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

10.5 SCADA

Il sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) deve essere modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA deve includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.

10.6 Apparecchiature di misura dell'energia

La misura dell'energia avverrà:

- sul lato AT (150 kV) in sottostazione di trasformazione;

- nel quadro MT in sottostazione;
- sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in sottostazione.

10.7 Protezione lato MT

La sottostazione sarà dotata di interruttori automatici MT per le linee di vettoriamento, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi ed ai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione.

L'energia assorbita da tali utenze sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

10.8 Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione MT dalla rete di trasmissione AT in caso di malfunzionamento della rete.

Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso i gruppi di generazione e sarà realizzata anche una protezione di ricalzo nei confronti dell'interruttore MT del trasformatore AT/MT (protezione di macchina) per mancato intervento dei primi dispositivi di interfaccia.

10.9 Protezione del trasformatore AT/MT

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto-circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

10.10 Scelta del tipo di cavi AT

Sarà impiegata una terna di cavi disposta in piano, di sezione pari a 1200 mm² per il collegamento tra la sottostazione 150/30 kV e il futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Erchie".

Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di rame, isolamento in XLPE, adatto ad una

temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livellodi isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U = 87/150$ kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

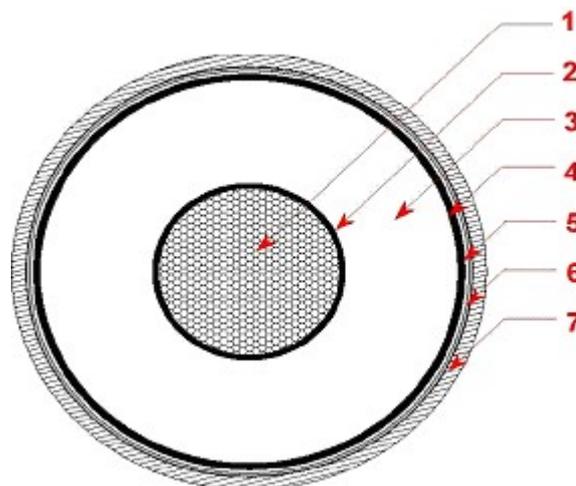
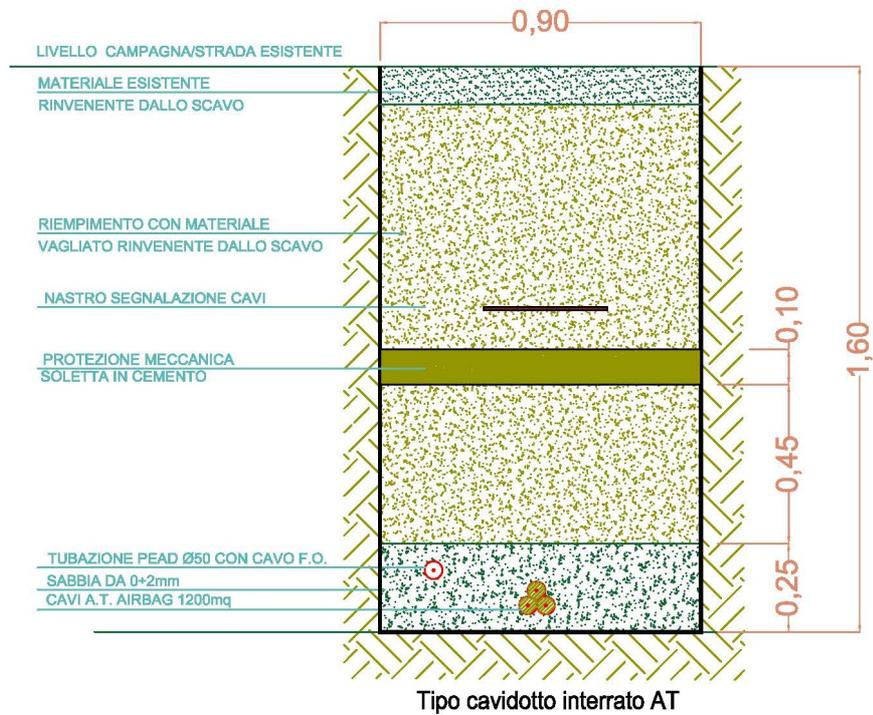
La posa interrata avverrà ad una profondità di 1,6 ml seguendo un tracciato stradale in parte esistente comunale ed in parte su terreno agricolo per una lunghezza di circa 550 ml. Le strade su cui avverrà la posa sono del tipo sterrato in area agricola ed in parte in strada esistente non asfaltata. L'alloggiamento del cavo è in PVC della serie pesante protetto. In sede di progetto esecutivo saranno e comunque prima dell'inizio dei lavori si provvederà a svolgere indagine al fine di accertare eventuali variazioni dello stato dei luoghi. Al momento della presente non sono presenti elementi ostativi al rispetto delle condizioni di sicurezza. Trattandosi di un elettrodotto in cavo interrato si intende che le distanze di sicurezza sono quelle previste dalla norma CE 11-17, il cui rispetto viene garantito.

Di seguito le caratteristiche del cavo che può subire modifiche sia in fase di progettazione esecutiva che nell'adottare eventuali soluzioni a seguito di soluzioni tecnologiche migliorative.

Frequenza nominale	50Hz
Tensione nominale	150 kV
Corrente nominale	1000 A
Potenza nominale	210 MW max
Sezione nominale del conduttore	1600 mmq
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm

L'elettrodotto a 150 kV sarà realizzato con una terna di cavi unipolari realizzati con conduttore in rame o in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermatura

in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 1000 o 1600 mm²(rispettivamente se in rame o alluminio).
 Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:



- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Condotore | 5. Rivestimento impermeabile |
| 2. Strato semiconduttivo interno | 6. Guaina metallica |
| 3. Isolante | 7. Guaina protettiva esterna |
| 4. Strato semiconduttivo esterno | |

I cavi posati in trincea saranno con disposizione a “trifoglio”, ad una profondità 1,6 m (quota piano di posa) su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa. I cavi saranno ricoperti sempre di sabbia per uno strato di 70 cm, sopra il quale sarà posata una lastra in cemento armato avente funzione di protezione meccanica dei cavi. Con funzione di segnalazione, poco sopra la lastra sarà posata una rete rossa in PVC tipo Tenax e, a circa 50 cm di profondità, un nastro di segnalazione in PVC, riportante la dicitura “ELETTRODOTTO A.T. 150.000 V”. All’interno della trincea è prevista l’installazione di n°1 tubo PEHD Ø 50 mm entro il quale sarà eventualmente posato n°1 cavo Fibra Ottica, oltre a un cavo unipolare in rame con guaina in PVC a protezione del cavo AT.

I relativi valori di corrente risultano, quindi, molto sovradimensionati rispetto ai valori di corrente generati dalla presenza del solo impianto eolico, per tenere in considerazione eventuali ampliamenti future la connessione di ulteriori produttori alla stessa sottostazione 150/30 kV.

Nella Tabella più avanti sono riportati i risultati della scelta delle sezioni e la portata dei cavi AT per la posa interrata.

I coefficienti di calcolo per la portata dei cavi (profondità di posa, condizioni termiche, ecc.) sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- Ci: resistività termica del terreno pari a 1,5°K m/W (in fase di progettazione esecutiva sarà effettuata una misura di resistività termica del terreno lungo il tracciato previsto, in modo tale da effettuare una correzione del valore se risultasse più alto);
- Ca: temperatura terreno pari a 25° C;
- Cd: coefficiente relativo alla profondità di posa (1,5 m);
- Cg: coefficiente relativo alla distanza tra i conduttori (a contatto).

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito.

	Linea	Lunghezza(m)	Sezione mm ²	Posa	Potenza (MW)	Corrente I _b (A)	Corrente I _z (A)	Caduta di tensione ΔV _i (V)	Caduta di tensione ΔV _i %	Caduta di tensione totale
	SSE-TERNA	230	3x1x1200	interrata	210	898,2	966	4,78	0,02	0,02%

Calcolo preliminare cavo AT

10.10.1 Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

10.10.2 Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la

presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

10.10.3 Prova di isolamento

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17 (paragrafo 8.4).

10.10.4 CRITERI DI COSTRUZIONE

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m)
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m)

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicate in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada.

Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previa accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci

e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

10.10.5 Esecuzione di pozzetti e camerette

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine; il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

10.10.6 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale retraibile a freddo del tipo monoblocco, per $U_m=36$ kV in accordo con la norma IEC 60502-4.

Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea, saranno del tipo sconnettibili di tipo C per $U_m=36$ kV in accordo con la norma IEC 60502-4.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Messa a terra dei rivestimenti metallici

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità di ogni linea e possibilmente in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.