

# Regione Puglia

COMUNE DI SALICE SALENTINO(LE)-GUAGNANO(LE)-CAMPI SALENTINA(LE)  
SAN PANCRAZIO SALENTINO(BR)-CELLINO SAN MARCO(BR)  
MESAGNE(BR)-BRINDISI (BR)  
SAN DONACI (BR)

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 105,40 MW  
ALIMENTATO DA FONTE EOLICA DENOMINATO "APPIA SAN MARCO"

## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "APPIA SAN MARCO"

Codice Impianto: G9ZFR24

Tav.:	Titolo:
R08	Relazione calcolo preliminare impianti

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.d.	A4	G9ZFR24_CalcoloPreliminareImpianti_R08

Progettazione:	Committente:
 <p>Gruppo di progettazione: Ing. Santo Masilla - Responsabile Progetto Ing. Francesco Masilla</p>  <p>Amm. Francesco Di Maso Ing. Nicola Galdiero Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Via Aosta n.30 - cap 10152 TORINO (TO) P.IVA 12400840018 - REA TO-1287260 Amm.re Soroush Tabatabaei</p> <p>Viale Michelangelo, 71 30129 Treviso TEL.041 579 7998 mail: tecnico@inse.it</p>	<p><b>ENERGIA LEVANTE s.r.l.</b> Via Luca Gaurico n.9/11 Regus Eur - 4° piano - Cap 00143 ROMA P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it www.sserenewables.com - Tel.: +39 0654831</p> <p>Società del Gruppo</p>  <p>For a better world of energy</p>
Indagini Specialistiche : Dott. Luigi Lupo - Agronomo	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2022	Prima emissione	F.M.	S.M.	G.M.

## Sommario

### Sommario

1.	Generalità .....	5
2.	Riferimenti legislativi.....	5
3.	Descrizione del progetto.....	6
4.	Descrizione dell'aerogeneratore .....	7
5.	Scelte progettuali dell'impianto elettrico .....	8
6.	Caratteristiche elettrodotto di media tensione .....	9
7.	Dimensionamento del cavo MT .....	12
<b>7.1</b>	<b>Portata dei Cavi .....</b>	<b>18</b>
5.2	RISULTATO PERDITA ELETTRICA A PIENO CARICO .....	27
5.3	RISULTATI DELLE PERDITE ELETTRICHE A CARICO VARIABILE .....	28
<b>6</b>	<b>Caratteristiche costruttive dei cavi MT .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1</b>	<b>Segnalazione della presenza dei cavi .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2</b>	<b>Coesistenza tra i cavi MT e i sottoservizi .....</b>	<b>30</b>
<b>6.3</b>	<b>Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione .....</b>	<b>30</b>
<b>6.4</b>	<b>Prova di isolamento dei cavi MT.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA .....</b>	<b>32</b>
<b>7.1</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>32</b>
<b>7.2</b>	<b>Descrizione generale .....</b>	<b>32</b>
<b>7.3</b>	<b>Rete di terra .....</b>	<b>34</b>
<b>7.4</b>	<b>RTU della sottostazione e dell'impianto AT di consegna .....</b>	<b>34</b>
<b>7.5</b>	<b>SCADA.....</b>	<b>35</b>
<b>7.6</b>	<b>Apparecchiature di misura dell'energia.....</b>	<b>35</b>
<b>7.7</b>	<b>Protezione lato MT.....</b>	<b>35</b>
<b>7.8</b>	<b>Protezione di interfaccia .....</b>	<b>36</b>
<b>7.9</b>	<b>Protezione del trasformatore AT/MT .....</b>	<b>36</b>

<b>7.10 Scelta del tipo di cavi AT .....</b>	<b>36</b>
<b>7.11 Temperatura di posa .....</b>	<b>40</b>
<b>7.12 Segnalazione della presenza dei cavi.....</b>	<b>40</b>
<b>7.23 Prova di isolamento.....</b>	<b>40</b>
<b>8. CRITERI DI COSTRUZIONE.....</b>	<b>40</b>
<b>8.1 Esecuzione di pozzetti e camerette .....</b>	<b>41</b>
<b>8.2 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Messa a terra dei rivestimenti metallici .....</b>	<b>41</b>
<b>10. STAZIONE ELETTRICA 150/380 kV .....</b>	<b>41</b>
<b>10.1 Motivazione dell'opera .....</b>	<b>41</b>
<b>10.2 Rete attuale .....</b>	<b>42</b>
<b>10.3 Criticità di esercizio ed esigenze di sviluppo.....</b>	<b>42</b>
<b>10.4 Procedimento autorizzativo .....</b>	<b>43</b>
<b>10.5 UBICAZIONE ED ACCESSI.....</b>	<b>43</b>
<b>11. DESCRIZIONE E CARRATERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA.....</b>	<b>44</b>
<b>11.1 Disposizione elettromeccanica.....</b>	<b>44</b>
<b>11.2 Servizi Ausiliari .....</b>	<b>46</b>
<b>11.3 Rete di terra .....</b>	<b>46</b>
<b>11.4 Fabbricati .....</b>	<b>47</b>
<b>12. TERRE E ROCCE DA SCAVO – CODICE DELL'AMBIENTE .....</b>	<b>48</b>
<b>12.1 Scavi relativi alla realizzazione della Stazione elettrica di Cellino San Marco 380/150 kV..</b>	<b>48</b>
<b>13. Varie.....</b>	<b>49</b>
<b>14. Macchinario e Apparecchiature principali.....</b>	<b>49</b>
<b>14.1 Macchinario.....</b>	<b>49</b>
<b>14.2 Apparecchiature principali.....</b>	<b>49</b>
<b>15. AUTOMAZIONE DELLA STAZIONE.....</b>	<b>50</b>
<b>15.1 Sistema di Automazione della stazione di Cellino San Marco.....</b>	<b>50</b>

<b>15.2 Architettura di sistema.....</b>	<b>51</b>
<b>15.3 Funzioni di controllo e supervisione .....</b>	<b>52</b>
<b>15.4 Funzioni di protezione.....</b>	<b>52</b>
<b>15.5 Funzioni di Monitoraggio .....</b>	<b>52</b>
<b>15.6 Consolle di stazione .....</b>	<b>53</b>
<b>16. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE.....</b>	<b>53</b>
<b>17. INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE – SISMICITA' .....</b>	<b>53</b>
<b>17.1 Inquadramento geologico.....</b>	<b>53</b>
<b>17.2 Caratteristiche sismiche .....</b>	<b>53</b>
<b>17.3 AREE IMPEGNATE.....</b>	<b>54</b>
<b>17.4 CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>54</b>
<b>18. RUMORE .....</b>	<b>56</b>
<b>18. SOSTEGNI .....</b>	<b>57</b>
<b>18.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO .....</b>	<b>57</b>

8.1	Apparecchiature di misura dell'energia .....	28
8.2	Protezione lato MT.....	28
8.3	Protezione di interfaccia .....	29
8.4	Protezione del trasformatore AT/MT.....	29
8.5	Scelta del tipo di cavi AT.....	29
8.6	Temperatura di posa .....	33
8.7	Segnalazione della presenza dei cavi.....	33
8.8	Prova di isolamento .....	33
9	CRITERI DI COSTRUZIONE.....	33
9.1	Esecuzione di pozzetti e camerette .....	34
<b>9.2</b>	<b>    Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT .....</b>	<b>34</b>
<b>9.3</b>	<b>    Messa a terra dei rivestimenti metallici.....</b>	<b>34</b>

## 1. Generalità

La seguente relazione tecnica specialistica è riferita al progetto di un parco eolico da realizzarsi nel Comune di Salice Salentino(Le)-Guagnano(Le)-San Pancrazio Salentino(Br)-San Donaci(Br)-Cellino San Marco(Br), di proprietà della società **ENERGIA LEVANTE srl con sede in Roma alla via Luca Guarico n.9/11.**

Il parco prevede la costruzione e la messa in esercizio, su torre tubolare in acciaio di altezza 115 m e diametro pale 170 m, di n. 17 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,2 MW, per una potenza totale installata di 105,4 MW. Gli aerogeneratori avranno rotore tripala del diametro di 170 m.

**In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA N.202101590 del 10/12/2021), l'impianto eolico sarà collegato, mediante la sottostazione AT/MT utente, in antenna a 150 kV sulla sezione 150kV della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150kV da inserire in entra-esce alla linea a 380 kv "Brindisi Sud-Galatina" prevista in Cellino San Marco(Br).**

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;
- cabine di smistamento MT interno parco switching center;
- sottostazione di trasformazione AT/MT sita nei pressi del punto di consegna AT della futura Stazione Elettrica Terna di Cellino San Marco;
- raccordo AT (150 kV) in cavo interrato dalla sottostazione di trasformazione al punto di consegna AT nella futura stazione TERNA da realizzare;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione;
- impianti di messa a terra.
- Stazione elettrica AT 150/380 in Cellino San Marco (Br).

## 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'analoga 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 n.6 sottogruppi, detti sottocampi numerati da 1 a 6 collegati a due switching center posizionati in campo; i due switching center sono collegati ognuna con 3 linee alla SSE. L'energia prodotta da ciascun gruppo di aerogeneratori sarà convogliata verso la SSE per il tramite switching center. Nella SSE ci sarà una ulteriore trasformazione con innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV ed allaccio alla RTN.

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

- n° 17 aerogeneratori SG170 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° 2 Switching Center a cui sono collegati a CS1 n.8 aerogeneratori per 49,8 MW e al CS2 n.9 aerogeneratori per 55,800MW.
- n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT nei pressi della stazione elettrica (SE) Terna S.p.A. a 30/150 kV prevista nel Comune di Cellino San Marco(Br) (punto di consegna previsto);
- raccordo AT 150 kV in cavo interrato tra la sottostazione e il punto di consegna nella futura stazione di trasformazione 380/150 kV TERNA, nel Comune di Cellino San Marco;
- 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 modello con potenza massima di 6200 kW e tensione nominale di 690 V.

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 wind speed* (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 6 sottocampi da 2 a 3 turbine.

La sottostazione di trasformazione AT/MT è stata ubicata nei pressi del punto di connessione presso la futura stazione TERNA da realizzare e raccoglie le linee MT di interconnessione del parco eolico, proveniente da due switching center, 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 del presente Progetto definitivo sono state accuratamente verificate le interferenze con altri impianti quali rete SNAM rete Gas e interferenze strutturali e di orografia superficiale; 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 sei sottocampi composti da due e tre aerogeneratori. Tutti i sottocampi sono collegati a due cabine Switch center e da quest'ultima alla SSE con n.3 linee ciascuna alla SSE.

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 Cellino San Marco.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici con percorrenza prevalentemente su strada pubblica. Pertanto si possono identificare tre 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 alla Cabina di smistamento in campo SWITCHING CENTER;
- la rete di vettoriamento che collega la cabina di smistamento SWITCHING CENTER dei sottocampi 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 mm<sup>2</sup>. 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 VOLTALENE XLPE o similari, direttamente interrati. La posa interrata avverrà ad una profondità di 1,1 m con una larghezza dello scavo di 0,60-0,90 m. 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 3x1x150 mmq, 3x1x400 mmq e 3x1x630 mmq, 3x1x800 mmq. In fase di progetto esecutivo queste sezioni potrebbero subire qualche variazione, tipologia adottata tipo VOLTALENE XLPE 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 150, 400, 630, 800 mm<sup>2</sup> con tensione nominale 18/30 kV. Per il cavidotto di vettoriamento la linea è stata suddivisa in n. 3 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 1,10 m (coefficiente Cd)
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.
- Spazio libero tra le triple 200 mm

I primi dati considerati per I calcoli del presente Progetto sono ricavati dai seguenti documenti:

Caratteristiche dei cavi MT: *catalogo commerciale*

Risorsa eolica del sito e curva di potenza degli aerogeneratori: *2110- Appia*

*San Marco\_Info inviata a BoP*

Curva di potenza della turbina eolica: *D2075735-005 SGRE ON SG 6.2-170 Ct standard e curva di potenza Rev. 0 Modalità AM 0 -Densità dell'aria*

Caratteristiche dei trasformatori di turbine eoliche: *D2292916\_006 SGRE ON*

*SG 5.X Specifiche Trasformatore 50Hz ECO 30 Kv*

Caratteristiche del trasformatore di cabina: *Regolamento (UE) n. 548/2014 della Commissione del 21 maggio 2014, che sviluppa la Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio in materia di trasformatori di piccola, media potenza e grandi*

## 7. Dimensionamento del cavo MT

I cavi selezionati per la rete MT che collegano tra loro le WTG e al commutatore di cabina hanno un livello di tensione di 18/30 kV, per resistere alla tensione nominale del sistema MT. I cavi MT saranno unipolari, con conduttore in alluminio, isolati in XLPE e schermati. Le caratteristiche elettriche di questa tipologia di cavi sono le seguenti:

Le caratteristiche elettriche del cavidotto MT sono le seguenti:

VOLTALENE XLPE - RHZ1			18/30 kV	
Alluminio	50 Hz		30,0 kV	
Temperatura massima del conduttore =				
			90°C	
Temperatura del suolo =				
			25 °C	
Resistività termica del suolo =				
			1,5 K m / W	
Profondità di sepoltura =				
			1,00 m	
SEZIONE	IMAX IN TERRA (A)	IMAX IN TUBO (A)	RAC 90°C (Ω / km)	X (Ω / km)
150	260.0	245.0	0.277	0,122
400	445.0	415.0	0.105	0.106
500	505.5	480.0	0,084	0,102
630	575.0	545.0	0,063	0,098
800	636.0	580.0	0,051	0,104

Tabella 1. Caratteristiche elettriche dei cavi MT.

Le condizioni di canalizzazione del sistema MT sono le seguenti:

**Installazione direttamente interrata / Installazione di tubi e calcestruzzo.**

- Temperatura del suolo = 25°C
- Resistività termica del suolo = 1,5 K m/W
- Profondità di installazione = 1 m
- Separazione libera tra triple = 200 mm

La sezione dei cavi MT viene scelta tenendo conto dei seguenti criteri:

- **Ampiezza:** la sezione prescelta deve essere in grado di sopportare la massima corrente che può fluire attraverso ciascun filo senza superare la temperatura permanente di esercizio dell'isolante. I fattori di correzione utilizzati corrispondono a quelli indicati nella IEC 60502-2.
- **Caduta/aumento di tensione:** Trattandosi di un impianto di generazione, il valore da limitare è l'aumento di tensione dalle sbarre MT della cabina ai terminali MT dei trasformatori WTG. Il limite sarà una deviazione del 7% dalla tensione nominale. Con questo valore il contributo delle WTG alla regolazione della potenza reattiva dovrebbe essere corretto.
- **Coefficienti di parallelismo, profondità:** Le correnti massime indicate dal produttore del cavo sono modificate dai coefficienti di riduzione indicati in IEC 60502-2.

Coefficients di correzione dell'intensità - Installazione interrata diretta							
$I' = (Kt Kr)_{\text{terreno}} (Ka Kp)_{\text{fosso}} I$ (Kt Kr) --> tabella dei cavi (Ka Kp) --> tabella dei circuiti							
TERRA				FOSSO			
Resistività termica		Temperatura		Triplo raggruppamento		Profondità sepolta	
Sezione (mm <sup>2</sup> )	kr	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Kt	Circuiti	Ka	Sezione (mm <sup>2</sup> )	kp 1,00 m
150	1.00000	150	1.00000	1	1.00000	150	1.00000
400	1.00000	400	1.00000	Due	0,83000	400	1.00000
500	1.00000	500	1.00000	3	0,73000	500	1.00000
630	1.00000	630	1.00000			630	1.00000
800	1.00000	800	1.00000			800	1.00000

Coefficients di correzione dell'intensità - Installazione di tubi e calcestruzzo							
$I' = (Kt Kr)_{\text{terreno}} (Ka Kp)_{\text{fosso}} I$ (Kt Kr) --> tabella dei cavi (Ka Kp) --> tabella dei circuiti							
TERRA				FOSSO			
Resistività termica		Temperatura		Triplo raggruppamento		Profondità sepolta	
Sezione (mm <sup>2</sup> )	kr	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Kt	Circuiti	Ka	Sezione (mm <sup>2</sup> )	kp 1,00 m
150	1.00000	150	1.00000	1	1.00000	150	1.00000
400	1.00000	400	1.00000	Due	0,88000	400	1.00000
500	1.00000	500	1.00000	3	0,80000	500	1.00000
630	1.00000	630	1.00000			630	1.00000
800	1.00000	800	1.00000			800	1.00000

Tabella 2. Correttori per cavi MT.

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.

Condizioni al contorno:

N.17 Aerogeneratori tipo SG170 6,2MW collegati con n.6 sottocampi per un totale di 105,4MW

Tensione 30KV

Frequenza 50Hz

Intensità massima = 95%

Caduta di Tensione massima = 7%

Resistività termica = 1,5°K m / W

Temperatura del suolo: 25°C

Fattore di Potenza  $\cos(\Phi) = 0,94$

Profondità di posa della trincea = 1,00m

Separazione libera tra tre trincee = 200mm

Fattore di correzione orografia 1,03

Linea MT di collegamento: per ogni aerogeneratore si aggiungono 30m, nella SEE si aggiungono 15m e in ogni giunzione si aggiungono 10m

Correttori IEC60502-2

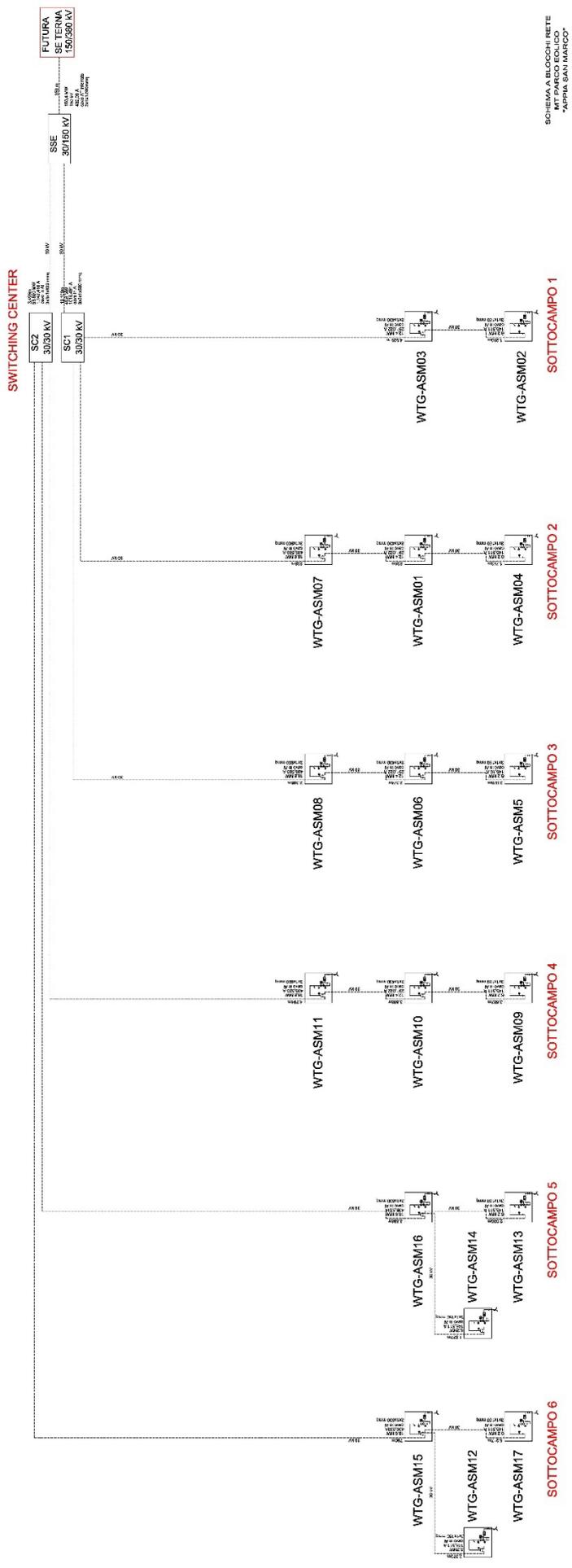
Cavi VOLTALENE XLPE Alluminio 18/30KV RHZ1 *Prysmian Group*

Temperatura di servizio: 90°C

Temperatura del suolo: 25°C

Resistività termica: 1,5 K m / W

Profondità di installazione: 1,0 m



SCHEMA A BLOCCHI RETE  
 MT-PARCO EOLICO  
 "ARPA SAN MARCO"

*Schema a blocchi Parco Eolico*

Lo sviluppo lineare dei cavidotti è di **169.630 m** posati su **47.543 m** di scavo lineare di cui **25.317 m** di strada asfaltata, **18.556 m** su strada non asfaltata e **3.670 m** su terreno agricolo. Si riporta in tabella la sezione di cavi utilizzati, unitamente alla stima delle lunghezze effettuate sulla base delle misurazioni su CAD e dei correttori sopra riportati, da confermare in campo in sede di progetto esecutivo.

<b>Sottocampo 1</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM2-ASM3	6.200	1.290	2x150
ASM3 – CS1	12.400	4.929	3x400

<b>Sottocampo 2</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM4-ASM1	6.200	1.753	2x150
ASM1-ASM7	12.400	834	2x400
ASM7-CS1	18.600	338	3x800

<b>Sottocampo 3</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM5-ASM6	6.200	2.076	2x150
ASM6-ASM8	12.400	2.374	2x400
ASM8-CS1	18.600	2.366	3x800

<b>Sottocampo 4</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM9-ASM10	6.200	3.687	2x150
ASM10 – ASM11	12.400	3.888	2x400
ASM11-CS2	18.600	5.000	3x800

<b>Sottocampo 5</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM13-ASM16	6.200	2.036	2x150
ASM16 – CS2	18.600	7.216	3x800
ASM14-ASM16	6.200	1.627	2x150

<b>Sottocampo 6</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
ASM17-ASM15	6.200	5.217	3x150
ASM15 – CS2	18.600	760	3x800
ASM12-ASM15	6.200	2.070	3x150

<b>Sottocampo 7</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
CS1-SSE	49.600	12.109	3x630

<b>Sottocampo 8</b>	<b>Potenza (Kw)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Sezione (mmq)</b>
CS2-SSE	55.800	3.495	3x800

*Lunghezza e sezione cavi MT30KV interrato*

## 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 e IEC 60502-2 Considerazioni di carattere commerciale fanno ipotizzare l'utilizzo di non più di 3 diverse sezioni di cavi con conduttore in alluminio ed isolante in XLPE:

S<sub>1</sub>: 1x3x**150** mmq per tratti di cavidotto con potenza fino a 6,2 MW (1 aerogeneratori);

S<sub>2</sub>: 1x3x**400** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 12,4 MW (2 aerogeneratori).

S<sub>3</sub>: 1x3x**800** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 18,6 MW (3 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:

K<sub>1</sub> è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

K<sub>2</sub> è il fattore di correzione da applicare in funzione delle modalità di posa;

K<sub>3</sub> è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Km/W, valido per terreni asciutti;

K<sub>4</sub> 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):

K<sub>1</sub> = 0,95 poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

K<sub>2</sub> = 0,85 poiché abbiamo nelle trincee cavi al più due circuiti, con cavi direttamente interrati, distanza tra i circuiti di circa 200 mm;

K<sub>3</sub> = 1 poiché la resistività termica del terreno si suppone pari al valore nominale di 1,5 km/W;

K<sub>4</sub> = 0,96 poiché la profondità di posa è di 1,0m.

Inoltre, poiché la posa è direttamente interrata anziché in tubazione si considera K<sub>tubazione</sub> = 1.

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

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_{tubazione} = 0,88$$

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.

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)

$\cos\varphi=0,82$  tra turbine eoliche e centri di sezionamento e  $\cos\varphi=0,94$  tra centro di sezionamento e sottostazione.

<b>Numero aerogeneratori</b>	<b>P<sub>n</sub></b>	<b>Corrente I<sub>b</sub></b>
1	6,2 MW	I <sub>b-1</sub> = <b>145,511 A</b> < 245,00 A
2	12,4 MW	I <sub>b-2</sub> = <b>291,022 A</b> < 415,00 A
3	18,6 MW	I <sub>b-3</sub> = <b>430,533 A</b> < 580,00 A

<b>Numero Switching Center</b>	<b>P<sub>n</sub></b>	<b>Corrente I<sub>b</sub></b>	<b>Sezione</b>
1	49,600 MW	I <sub>b-1</sub> = <b>1015,481 A</b>	n.3 linee 3x1x500 mmq
2	55,800 MW	I <sub>b-2</sub> = <b>1142,416 A</b>	n.3 linee 3x1x630 mmq

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 1

Da Turbina		a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM02	ASM03		30	6200	6200	145.511	67.4	1.192	1.290	Due	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	96.704	96.704	0,322	22.690	22.690
ASM03	CS		30	6200	12400	291.022	89.6	4.725	4.929	3	1.00	0,7300	1	Al	400	324.850	0,105	0,106	364.623	461.327	1.538	131.487	154.177

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 2

Da Turbina		a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM04	ASM01		30	6200	6200	145.511	67.4	1.642	1.753	2	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	131.462	131.462	0,438	30.845	30.845
ASM01	ASM07		30	6200	12400	291.022	78.8	0,750	0,834	2	1.00	0,8300	1	Al	400	369.350	0,105	0,106	61.723	193.185	0,644	22.258	53.103
ASM07	CS		30	6200	18600	436.533	94.2	0,268	0,338	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	25.846	219.031	0,730	9.811	62.915

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 3

Da Turbina		a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM05	ASM06		30	6200	6200	145.511	67.4	1.956	2.076	Due	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	155.715	155.715	0,519	36.536	36.536
ASM06	ASM08		30	6200	12400	291.022	78.8	2.245	2.374	Due	1.00	0,8300	1	Al	400	369.350	0,105	0,106	175.644	331.359	1.105	63.339	99.875
ASM08	CS		30	6200	18600	436.533	94.2	2.237	2.366	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	181.000	512.359	1.708	68.710	168.585

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 4

Da Turbina		a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM09	ASM10		30	6200	6200	145.511	67.4	3.520	3.687	Due	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	276.518	276.518	0,922	64.880	64.880
ASM10	ASM11		30	6200	12400	291.022	78.8	3.715	3.888	Due	1.00	0,8300	1	Al	400	369.350	0,105	0,106	287.660	564.178	1.881	103.733	168.613
ASM11	CS		30	6200	18600	436.533	94.2	4.794	5.000	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	382.488	946.666	3.156	145.197	313.810

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 5

Temperatura del suolo = 25 °C      Resistenza termica del terreno = 1,5 K m/W      Separazione delle triple = 200 mm      Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulata	Intensità accumulata	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interrimento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM13	ASM16	30	6200	6200	145.511	67.4	1.917	2.036	2	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	152.703	152.703	0,509	35.829	35.829
ASM16	CS	30	12400	18600	436.533	94.2	6.946	7.216	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	552.062	704.764	2.349	209.569	245.398
ASM14	ASM16	30	6200	6200	145.511	67.4	1.520	1.627	2	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	122.039	122.039	0,407	28.634	28.634

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 6

Temperatura del suolo = 25 °C      Resistenza termica del terreno = 1,5 K m/W      Separazione delle triple = 200 mm      Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulata	Intensità accumulata	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interrimento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM17	ASM15	30	6200	6200	145.511	76.7	5.005	5.217	3	1.00	0,7300	1	Al	150	189.800	0,277	0,123	391.219	391.219	1.304	91.793	91.793
ASM15	CS	30	12400	18600	436.533	94.2	0,678	0,760	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	58.153	449.372	1.498	22.076	113.869
ASM12	ASM15	30	6200	6200	145.511	76.7	1.950	2.070	3	1.00	0,7300	1	Al	150	189.800	0,277	0,123	155.252	155.252	0,518	36.427	36.427

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 7

Temperatura del suolo = 25 °C      Resistenza termica del terreno = 1,5 K m/W      Separazione delle triple = 200 mm      Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulata	Intensità accumulata	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interrimento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
CS1	SET-1	30	49600	49600	1015.481	91.8	11.696	12.109	3	1.00	0,7300	3	Al	630	1259,250	0,021	0,033	657,775	657,775	2,193	786,649	786,649

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 8

Temperatura del suolo = 25 °C      Resistenza termica del terreno = 1,5 K m/W      Separazione delle triple = 200 mm      Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulata	Intensità accumulata	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interrimento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
CS2	SET-2	30	55800	55800	1142.416	90.7	3.333	3.495	3	1.00	0,7300	3	Al	800	1390,650	0,017	0,035	191,861	191,861	0,640	231,704	231,704

Tabella 3. Rete MT Installazione direttamente interrata.

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 1

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Intensità accumulo	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-1	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM02	ASM03		30	6200	6200	145.511	67.5	1.192	1.290	Due	1.00	0.8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	96.704	96.704	0,322	22.690	22.690
ASM03	CS		30	6200	12400	291.022	87.7	4.725	4.929	3	1.00	0,8000	1	Al	400	332.000	0,105	0,106	364.623	461.327	1.538	131.487	154.177

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 2

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Intensità accumulo	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-1	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM04	ASM01		30	6200	6200	145.511	67.5	1.642	1.753	Due	1.00	0,8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	131.462	131.462	0,438	30.845	30.845
ASM01	ASM07		30	6200	12400	291.022	79.7	0.750	0,834	Due	1.00	0,8800	1	Al	400	365.200	0,105	0,106	61.723	193.185	0,644	22.258	53.103
ASM07	CS		30	6200	18600	436.533	94.1	0,268	0,338	3	1.00	0,8000	1	Al	800	464.000	0,051	0,104	25.846	219.031	0,730	9.811	62.915

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 3

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Intensità accumulo	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-1	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM05	ASM06		30	6200	6200	145.511	67.5	1.956	2.076	Due	1.00	0,8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	155.715	155.715	0,519	36.536	36.536
ASM06	ASM08		30	6200	12400	291.022	79.7	2.245	2.374	Due	1.00	0,8800	1	Al	400	365.200	0,105	0,106	175.644	331.359	1.105	63.339	99.875
ASM08	CS		30	6200	18600	436.533	94.1	2.237	2.366	3	1.00	0,8000	1	Al	800	464.000	0,051	0,104	181.000	512.359	1.708	68.710	168.585

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 4

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Intensità accumulo	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka-Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-1	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM09	ASM10		30	6200	6200	145.511	67.5	3.520	3.687	Due	1.00	0,8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	276.518	276.518	0,922	64.880	64.880
ASM10	ASM11		30	6200	12400	291.022	79.7	3.715	3.888	Due	1.00	0,8800	1	Al	400	287.660	0,105	0,106	287.660	564.178	1.881	103.733	168.613
ASM11	CS		30	6200	18600	436.533	94.1	4.794	5.000	3	1.00	0,8000	1	Al	800	464.000	0,051	0,104	382.488	946.666	3.156	145.197	313.810

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 5

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Intensità accumulato	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terne	Profondità Di interrimento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM13	ASM16	30	6200	6200	145.511	67.5	1.917	2.036	Due	1.00	0,8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	152.703	152.703	0,509	35.829	35.829	
ASM16	CS	30	12400	18600	436.533	94.1	6.946	7.216	3	1.00	0,8000	1	Al	800	464.000	0,051	0,104	552.062	704.764	2,349	209.569	245.398	
ASM14	ASM16	30	6200	6200	145.511	67.5	1.520	1.627	Due	1.00	0,8800	1	Al	150	215.600	0,277	0,123	122.039	122.039	0,407	28.634	28.634	

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 6

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Intensità accumulato	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terne	Profondità Di interrimento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM17	ASM15	30	6200	6200	145.511	74.2	5.005	5.217	3	1.00	0,8000	1	Al	150	196.000	0,277	0,123	391.219	391.219	1,304	91.793	91.793	
ASM15	CS	30	12400	18600	436.533	94.1	0.678	0.760	3	1.00	0,8000	1	Al	800	464.000	0,051	0,104	58.153	449.372	1,498	22.076	113.869	
ASM12	ASM15	30	6200	6200	145.511	74.2	1.950	2.070	3	1.00	0,8000	1	Al	150	196.000	0,277	0,123	155.252	155.252	0,518	36.427	36.427	

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 7

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Intensità accumulato	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terne	Profondità Di interrimento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
CS1	SET-1	30	49600	49600	1015.481	88.1	11.696	12.109	3	1.00	0,8000	3	Al	630	1308,000	0,021	0,033	657,775	657,775	2,193	786,649	786,649	

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 8

Da Turbina		A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulato	Intensità accumulato	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terne	Profondità Di interrimento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K-I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione totale	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
			kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
CS2	SET-2	30	55800	55800	1142.416	87.3	3.333	3.495	3	1.00	0,8000	3	Al	800	1392,000	0,017	0,035	191,861	191,861	0,640	231,704	231,704	

Tabella 4. Installazione di tubazioni e calcestruzzo di rete MT.

### 4.3. TRASFORMATORI A TURBINA EOLICA

Siemens Gamesa 5.X Transformer Specification 50Hz ECO 30 kV D2292916/005		2020-10-21	
<b>Transformer</b>		<b>Transformer Cooling</b>	
Type .....	Liquid filled	Cooling type.....	KFWF
Max Current.....	7110 A	Liquid inside transformer	K-class liquid
Nominal voltage .....	30/0.69 kV	Cooling liquid at heat exchanger	Glystantin
Frequency .....	50 Hz		
Impedance voltage .....	9.5% ± 8.3% at ref. 6.5 MVA		
Tap changer .....	±2x2.5% (optional)		
Loss ( $P_0 / P_{k75^\circ C}$ ).....	4.77/84.24 kW		
Vector group .....	Dyn11		
Standard.....	IEC 60076		
Cold Climate Package.....	ECO Design Directive (optional)		
<b>Transformer Monitoring</b>		<b>Transformer Earthing</b>	
Top oil temperature.....	PT100 sensor	Star point .....	The star point of the transformer is connected to earth
Oil level monitoring sensor...	Digital input		
Overpressure relay.....	Digital input		
All data are subject to tolerances in accordance with IEC.			

Tabella 5. Caratteristiche del trasformatore WTG.

### 4.4. TRASFORMATORI DI SOTTOSTAZIONE

I due trasformatori della cabina hanno le seguenti caratteristiche:

<b>Potenza, Sn [MVA]</b>	65
<b>Tensioni, Uat/Umt [kV]</b>	150/30
<b>Perdite dovute al carico, Pcu [kW]</b>	168
<b>Perdite a vuoto, Pfe [kW]</b>	25
<b>Perdite totali, Pfe + Pcu [kW]</b>	193

Tabella 6. Caratteristiche dei trasformatori del SET.

Nell'ambito della scelta dei trasformatori il progetto prevede la posa in opera e messa in esercizio di n.2 trasformatori da 65 MVA o di un solo trasformatore da 110MVA

### 4.5. SERVIZI AUSILIARI DELLA SOTTOSTAZIONE

La SS.AA. della sottostazione dell'azienda agricola e dell'edificio di controllo dell'azienda agricola, sono trattate come perdite elettriche poiché consumano una piccola parte dell'energia generata dalle turbine eoliche.

Si ritiene che i sistemi di Protezione, Controllo e Misurazione, illuminazione e condizionamento/ riscaldamento consumino in media 15kW.

## 5. CALCOLO DELLE PERDITE ELETTRICHE

Le perdite di energia elettrica del parco eolico sono determinate dai seguenti elementi:

- Cavi MT.
- Trasformatori WTG.
- Trasformatori di sottostazione.
- Servizi ausiliari della cabina del parco.

Il calcolo delle perdite elettriche a pieno carico viene effettuato tenendo conto delle seguenti ipotesi:

- Tutti i WTG funzionano con lo stesso livello di carico allo stesso tempo.
  - Opzione 1: tutte le turbine eoliche funzionano con il valore di  $\cos \varphi$  necessario per soddisfare il requisito reattivo massimo nel PCC ( $\cos \varphi = 0,82$  tra turbine eoliche e centri di sezionamento e  $\cos \varphi = 0,94$  tra centro di sezionamento e sottostazione).
  - Opzione 2: i WTG possono funzionare con  $\cos \varphi = 0,1$  nel punto di connessione.
-

## 5.1. CURVA DI POTENZA DELLE MACCHINE

In primo luogo, per conoscere il peso delle perdite elettriche sull'energia fornita, verrà analizzata la capacità di produzione del parco eolico.

La distribuzione del vento che ci si può aspettare nell'area del parco eolico non è la stessa in tutto il parco eolico. Tuttavia, per questi calcoli, è stata considerata la stessa distribuzione del vento (frequenze del vento) per tutti i WTG.

La curva di potenza e la distribuzione del vento delle macchine SG170 (T115m) da 6.200 MW sono le seguenti:

VELOCITÀ VENTO	FREQUENZA	FREQUENZA	POTENZA
[SM]	[h]	[%]	SG170 6.200 MW [kW]
0	83	0,95%	0
1	245	2,80%	0
2	429	4,90%	0
3	635	7,26%	85
4	841	9,61%	312
5	1007	11,51%	727
6	1113	12,71%	1322
7	1104	12,61%	2146
8	929	10,61%	3227
9	718	8,21%	4467
10	548	6,26%	5475
11	381	4,35%	5981
12	254	2,90%	6148
13	175	2,00%	6189
14	114	1,30%	6198
15	74	0,85%	6200
16	48	0,55%	6200
17	26	0,30%	6200
18	13	0,15%	6200
19	9	0,10%	6200
20	4	0,05%	6200
21	0	0,00%	5956
22	0	0,00%	5708
23	0	0,00%	5460
24	0	0,00%	5212
25	0	0,00%	4964

Tabella 7. Curva di distribuzione dell'energia e del vento.

La produzione è calcolata partendo dal presupposto che tutti i WTG lavorino contemporaneamente nelle stesse condizioni di vento, ovvero che la velocità del vento in tutti i WTG sia sempre la stessa.

Nei capitoli seguenti vengono presentati i risultati del calcolo delle perdite a regime di pieno carico ea regime variabile sotto le ipotesi citate.

## 5.2 RISULTATO PERDITA ELETTRICA A PIENO CARICO

<b>APPIA SAN MARCO 105,4 MW</b>			
<b>PERDITA DI POTENZA A PIENO CARICO</b>			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>17SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche: Valore	<b>6.200 MW</b>		
Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>0,82 fino a CS e 0,94 tra CS e SET</b>		
Elemento	Potenza (kW)	Perdite (kW)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	105.400	1909.11	1,81%
circuito MT	105.400	2077.11	1,97%
Trasformatore di potenza	105.400	386.52	0,37%
Servizi ausiliari	105.400	15.00	0,01%
<b>Totale</b>	<b>105.400</b>	<b>4387.74</b>	<b>4,16%</b>

Tabella 8. Perdite a pieno carico. PE Appia San Marco

<b>APPIA SAN MARCO 105,4 MW</b>			
<b>PERDITA DI POTENZA A PIENO CARICO</b>			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>17SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche: Valore	<b>6.200 MW</b>		
Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>1</b>		
Elemento	Potenza (kW)	Perdite (kW)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	105.400	1310.25	1,24%
circuito MT	105.400	1611.72	1,53%
Trasformatore di potenza	105.400	386.46	0,37%
Servizi ausiliari	105.400	15.00	0,01%
<b>Totale</b>	<b>105.400</b>	<b>3323.43</b>	<b>3,15%</b>

Tabella 9. Perdite a pieno carico. PE Appia San Marco. Cos(phi) = 1

### 5.3 RISULTATI DELLE PERDITE ELETTRICHE A CARICO VARIABILE

APPIA SAN MARCO 105,4 MW			
PERDITE DI POTENZA A CARICO VARIABILE			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>17SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche: Valore	<b>6.200 MW</b>		
Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>0,82 fino a CS e 0,94 tra CS e SET</b>		
Elemento	energia/anno (kWh)	Perdite (kWh)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	353.740.473	4.947.511	1,40%
circuito MT	353.740.473	2.640.447	0,75%
Trasformatore di potenza	353.740.473	3.379.172	0,96%
Servizi ausiliari	353.740.473	131.269	0,04%
<b>Totale</b>	<b>353.740.473</b>	<b>11.098.399</b>	<b>3,14%</b>

Tabella 10. Perdite elettriche a carico variabile. PE Appia San Marco

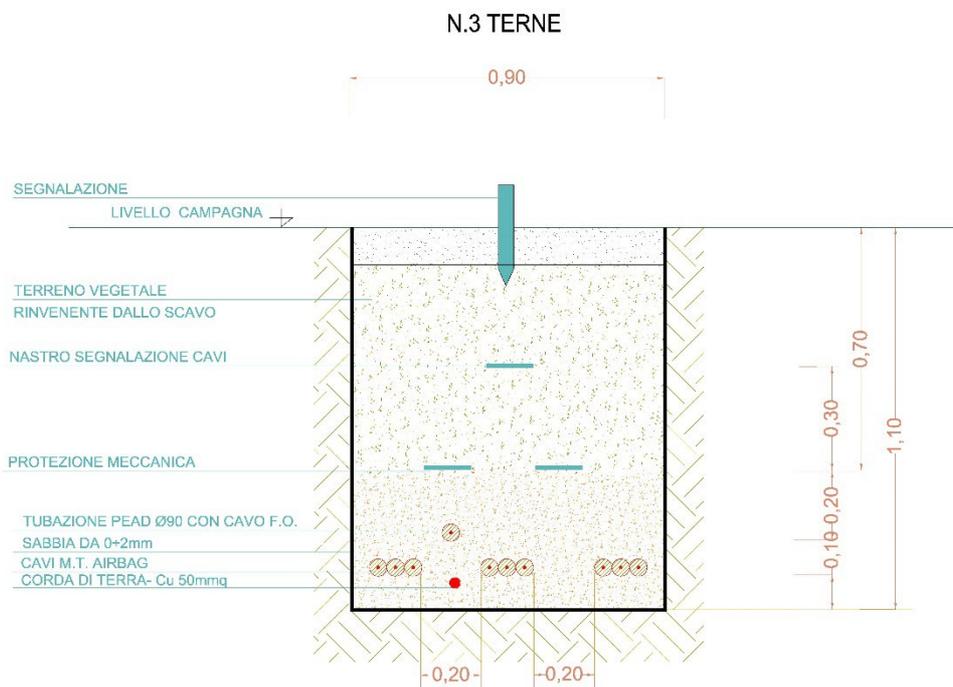
APPIA SAN MARCO 105,4 MW			
PERDITE DI POTENZA A CARICO VARIABILE			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>17SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche: Valore	<b>6.200 MW</b>		
Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>1</b>		
Elemento	energia/anno (kWh)	Perdite (kWh)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	353.740.473	3.559.184	1,01%
circuito MT	353.740.473	1.782.855	0,50%
Trasformatore di potenza	353.740.473	3.379.033	0,96%
Servizi ausiliari	353.740.473	131.269	0,04%
<b>Totale</b>	<b>353.740.473</b>	<b>8.852.341</b>	<b>2,50%</b>

Tabella 11. Perdite elettriche a carico variabile. PE Appia San Marco. Cos(phi) = 1

## 6 Caratteristiche costruttive dei cavi MT

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di cavi unipolari con posa a trifoglio. 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

### 6.1 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.

## **6.2 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.

## **6.3 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.

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 distanzaminima 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:

- 6.3.1 quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m:
- 6.3.2 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.

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.

#### **6.4 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.

## **7 SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA**

### **7.1 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 "Cellino San Marco".

### **7.2 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 ulteriori stalli produttore per eventuali nuovi utenti futuri. Questi ulteriori stalli saranno indipendenti ed avranno un proprio accesso. Inoltre sarà prevista una zona comune all'interno della quale sarà installato lo stallo di linea per la connessione alla RTN di tutti i produttori.**

### **7.3 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 mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup>. 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.

### **7.4 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.

### **7.5 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.

### **7.6 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.

### **7.7 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.

## **7.8 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.

## **7.9 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.

## **7.10 Scelta del tipo di cavi AT**

Sarà impiegata una terna di cavi disposta in piano, di sezione pari a 1200 mm<sup>2</sup> per il collegamento tra la sottostazione 150/30 kV e la sezione a 150 kV della futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Cellino San Marco".

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 m seguendo un tracciato stradale in parte esistente comunale ed in parte su terreno agricolo per una lunghezza di circa 550 m. 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

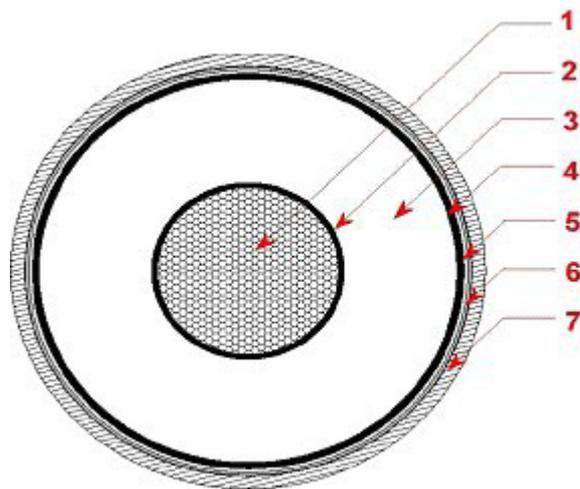
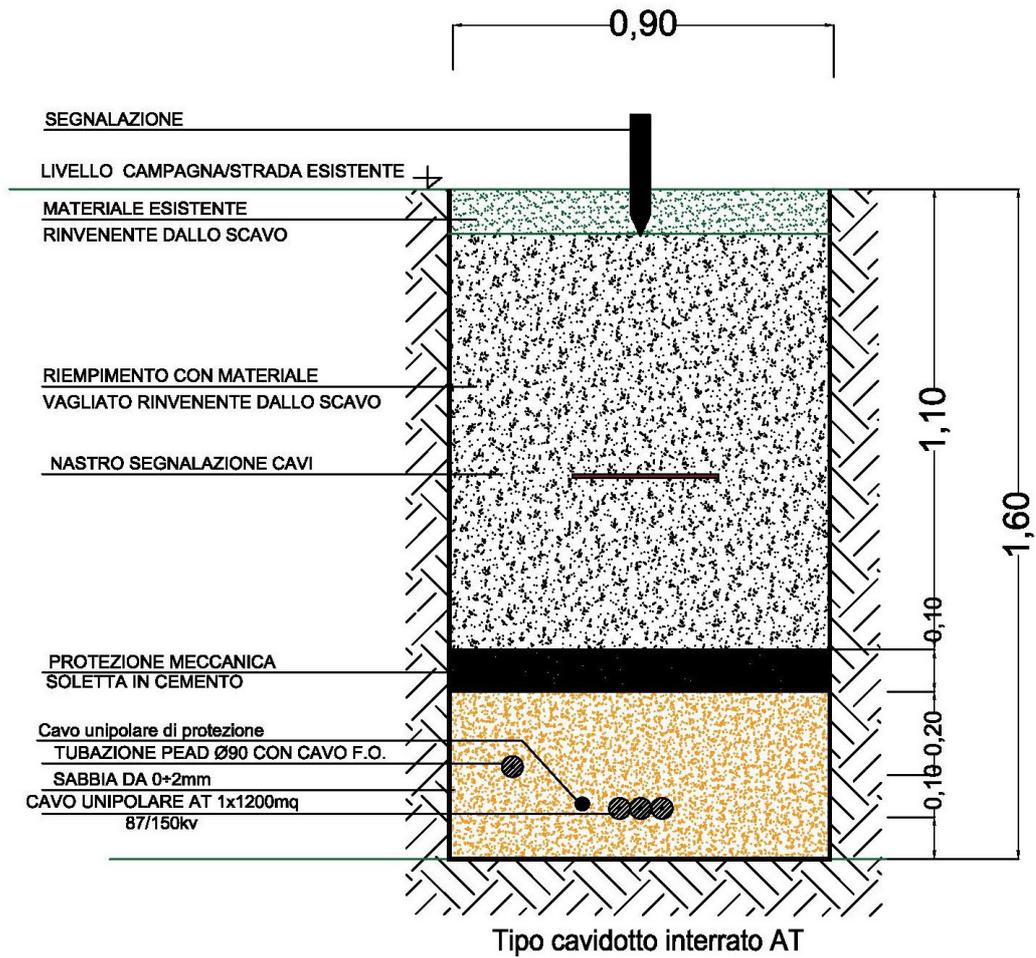
della presente non sono presenti elementi ostativi al rispetto delle condizioni di sicurezza. Trattandosi di un elettrodotto in cavo interrato si intende che le distanze di sicurezza sono quelle previste dalla norma CE 11-17, il cui rispetto viene garantito.

Di seguito le caratteristiche del cavo che può subire modifiche sia in fase di progettazione esecutiva che nell'adozione 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	1200 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 mm<sup>2</sup>(rispettivamente se in rame o alluminio).

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:



- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Condotto                      | 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<sub>z</sub> uguale o superiore alla corrente di impiego I<sub>b</sub> del circuito.

Linea	Lunghezza(m)	Sezione mm <sup>2</sup>	Posa	Potenza (MW)	Corrente I <sub>b</sub> (A)	Corrente I <sub>z</sub> (A)	Caduta di tensione ΔV <sub>i</sub> (V)	Caduta di tensione ΔV <sub>i</sub> %	Caduta di tensione totale
SSE-TERNA	550	3x1x1200	interrata	210	898,2	966	10,74	0,01%	0,01%

**Calcolo preliminare cavo AT**

### **7.11 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.

### **7.12 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.

### **7.23 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).

## **8. 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.

## **8.1 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 dicurvatura.

## **8.2 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.

## **9. 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.

## **10. STAZIONE ELETRICA 150/380 kV**

### **10.1 Motivazione dell'opera**

La Società Terna S.p.A., responsabile in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ha comunicato, con nota del 10/12/2021, ha rilasciato la soluzione tecnica minima generale (STMG) per l'allacciamento alla rete elettrica nazionale con codice identificativo n.202101590 per la potenza di immissione in rete

di 105,4 MW.

La proposta di soluzione, accettata dal proponente, prevede la realizzazione di una nuova stazione elettrica a 380 kV che sarà collegata tramite brevi raccordi in entra-esce alla esistente linea a 380 kV "Brindisi Sud-Galatina". In detta stazione verrà realizzata una trasformazione 380/150 kV per consentire l'allacciamento alla rete del sopraddetto campo eolico e di ulteriori campi eolici previsti nella zona.

## **10.2 Rete attuale**

Il sistema elettrico della Regione Puglia è caratterizzato da un basso livello di magliatura della rete di trasmissione a 380 kV e da un elevato transito di energia verso le aree di carico presenti in altre Regioni deficitarie di energia.

Inoltre, la configurazione del sistema elettrico in Puglia è formata da lunghe arterie di subtrasmissione a 150 kV e da uno livello medio di magliatura delle cabine primarie (CP) che alimentano i carichi sul territorio. Tale sistema è caratterizzato, quindi, da perdite lungo la rete AT e da scarsi livelli di qualità del servizio di fornitura dell'energia elettrica.

### Previsione ed evoluzione del sistema elettrico locale

Il processo di pianificazione considera, sulla base dello stato attuale del sistema elettrico, l'evoluzione futura della domanda e della produzione di energia, al fine di elaborare gli scenari delle configurazioni della rete sul medio e sul lungo termine.

La previsione della domanda di energia elettrica è ottenuta attraverso analisi economiche, mentre l'evoluzione del parco di generazione viene valutato sulla base di autorizzazioni rilasciate, in corso o da istituire (richieste di allacciamento pervenute a TERNA) per la costruzione di nuove centrali.

## **10.3 Criticità di esercizio ed esigenze di sviluppo**

Il compito di Terna è quello di pianificare i rinforzi della RTN al fine di favorire lo sviluppo della produzione da fonti rinnovabili, cercando di superare gli eventuali vincoli di rete e di esercizio che rischiano di condizionare gli operatori, i quali godono del diritto di priorità in dispacciamento. Considerati i procedimenti in corso per autorizzazioni secondo il D. Lgs. 387/03 alla costruzione di nuovi impianti eolici da collegare alla rete AAT nella Regione Puglia, il rischio associato a sovraccarichi sulla rete AAT è decisamente elevato e, nonostante i meccanismi che regolano il mercato elettrico siano tesi a risolvere le congestioni che si possono verificare nell'esercizio della RTN, è necessario provvedere alla eliminazione dei possibili "colli di bottiglia". La rimozione delle limitazioni di esercizio delle centrali di produzione del Sud assume un'importanza rilevante, in quanto consente il pieno sfruttamento delle iniziative di generazione che in questo nuovo scenario sono economicamente sostenibili.

Quanto sopra per concludere che l'acquisizione in rete nazionale dell'energia prodotta dalla centrale eolica di APPIA SAN MARCO da 105,4 MW non può che essere, come detto in premessa, sul sistema 380 kV. Tale è l'indicazione della soluzione tecnica minima generale di

allacciamento elaborata da Terna.

#### **10.4 Procedimento autorizzativo**

Il comma 3 dell'articolo 12. del Dlgs 387/03 cita:

*“La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, ..... nonche' le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o altro soggetto istituzionale delegato dalla regione”*

Pertanto il progetto della stazione elettrica 380/150 kV e dei relativi raccordi a 380 kV (che risultano opere connesse ed infrastrutturali indispensabili per l'esercizio dell'impianto eolico) è stato inserito in autorizzazione unica insieme al progetto dell'impianto eolico.

#### Descrizione dell'intervento

L'intervento di sviluppo previsto consiste in una nuova stazione 380/150 kV inserita in agro del Comune di Cellino San Marco (BR) in modalità entra-esci sull'esistente elettrodotto 380 kV Galatina-Brindisi Sud. Tale stazione consentirà di smistare sul sistema elettrico a 380 kV l'energia proveniente dall'impianto eolico di APPIA SAN MARCO e dagli altri impianti eolici, le cui iniziative sono in corso di autorizzazione o di progettazione.

Pertanto tale impianto costituirà un punto di ingresso o di prelievo baricentrico fra le stazioni di Galatina e Brindisi Sud.

A procedimento autorizzativo ultimato con esito positivo, l'autorizzazione relativa alla stazione 380/150 kV ed ai raccordi sarà volturata a Terna che, essendone la futura proprietaria, provvederà alla costruzione ed all'esercizio delle stesse.

#### **10.5 UBICAZIONE ED ACCESSI**

La stazione di Cellino San Marco sarà ubicata nel comune di Cellino San Marco (BR), in prossimità del confine con il comune di San Donaci (Br) in area pianeggiante ad uso agricolo di proprietà di terzi, in planimetria catastale individuata nel Foglio n. 24 del comune di Cellino San Marco (Br) p.lle 233-24-232-231-82-87-43-82-77-78-77-154-153-76-218.



In particolare, essa interesserà un'area a forma trapezoidale di circa 290 x 222 m, da acquisire, che verrà interamente recintata; esternamente alla recinzione, per tutto il suo perimetro, ci sarà una strada di servizio di circa 4,00 m di larghezza.

Per l'ingresso alla stazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e puntellature in conglomerato cementizio armato direttamente accessibile dalla strada comunale esistente.

Saranno inoltre previste, lungo la recinzione perimetrale della stazione, gli ingressi indipendenti dell'edificio per i punti di consegna delle alimentazioni MT dei servizi ausiliari.

L'individuazione del sito ed il posizionamento della stazione nello stesso risultano dai seguenti disegni allegati al progetto.

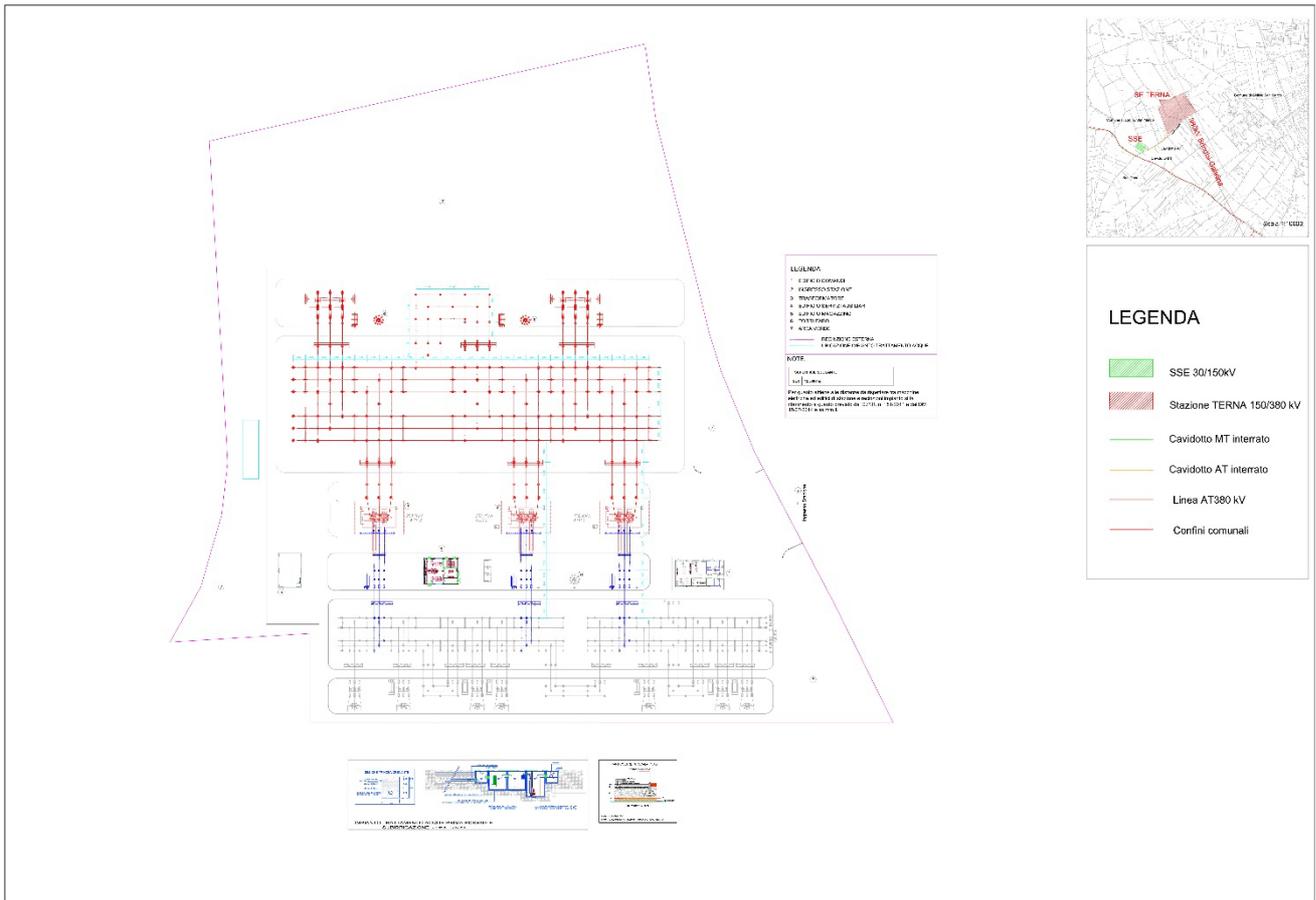
Tale ubicazione è stata individuata come la più idonea tenendo conto delle esigenze tecniche e dell'opportunità ambientale di minimizzare la lunghezza dei raccordi all'elettrodotto 380 kV "Brindisi Sud – Galatina" ed alla rete locate AT.

## 11. DESCRIZIONE E CARRATERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

### 11.1 Disposizione elettromeccanica

La nuova stazione di Cellino San Marco sarà composta da una sezione a 380 kV e da una sezione a 150 kV (dis. TAV-ST380-06- "Planimetria Generale").

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:



- n° 1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
- n° 5 stalli linea;
- n° 4 stalli primario trasformatore (ATR);
- n° 2 stalli per parallelo sbarre;

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e, nella loro massima estensione, saranno costituite da:

- n° 2 sistemi a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su ciascun lato ;
- n° 7 stalli linea;
- n° 4 stalli secondario trasformatore (ATR);
- n° 3 stalli per parallelo sbarre;
- n° 3 stalli per congiunture.

I macchinari previsti consistono in n° 3 ATR 400/150 kV con potenza di 250 MVA.

Ogni “montante linea” (o “stallo linea”) sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure.

Ogni “montante autotrasformatore” (o “stallo ATR”) sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6, scaricatori di sovratensione ad ossido di zinco e TA per protezioni e

misure.

I "montanti parallelo sbarre" saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF<sub>6</sub> e TA per protezione e misure.

Le linee afferenti si attesteranno su sostegni portale di altezza massima pari a 23 m mentre l'altezza massima delle altre parti d'impianto (sbarre di smistamento a 380 kV) sarà di 12 m.

### **11.2 Servizi Ausiliari**

I Servizi Ausiliari (S.A.) della nuova stazione elettrica saranno progettati e realizzati con riferimento agli attuali standard delle stazioni elettriche A.T. Terna, già applicati nella maggior parte delle stazioni della RTN di recente realizzazione.

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

Le principali utenze in corrente alternata sono: pompe ed aereotermi dei trasformatori, motori interruttori e sezionatori, raddrizzatori, illuminazione esterna ed interna, scaldiglie, ecc.

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.

### **11.3 Rete di terra**

La rete di terra della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto.

Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 380 kV e 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 50 kA per 0,5 sec. Sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mm<sup>2</sup> interrata ad una profondità di circa 0,7 m composta da maglie regolari di lato adeguato. Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1.

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.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame con sezione di 125 mm<sup>2</sup>.

Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della Stazione.

L'impianto sarà inoltre progettato e costruito in accordo alle raccomandazioni riportate nei par. 3.1.6 e 8.5 della Norma CEI 11-1.

## 11.4 Fabbricati

Nell'impianto è prevista la realizzazione dei seguenti edifici:

### - *Edificio quadri*

L'edificio quadri sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 24,30 x 12,00 m ed altezza fuori terra di 4,20 m, sarà destinato a contenere i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di teleoperazione e i vettori, gli uffici ed i servizi per il personale di manutenzione.

La superficie occupata sarà di circa 291 m<sup>2</sup> con un volume di circa 1224 m<sup>3</sup>.

La costruzione potrà essere o di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile oppure di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo). La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991 e successivi regolamenti di attuazione.

### - *Edificio servizi ausiliari*

L'edificio servizi ausiliari sarà a pianta rettangolare, con dimensioni di 19,70 x 12,60 m ed altezza fuori terra di 4,20 m. La costruzione sarà dello stesso tipo dell'edificio Quadri ed ospiterà le batterie, i quadri M.T. e B.T. in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed il gruppo elettrogeno d'emergenza. La superficie coperta sarà di circa 259 m<sup>2</sup> per un volume di circa 1090 m<sup>3</sup>.

Per la tipologia costruttiva vale quanto descritto per l'edificio quadri.

### - *Edificio Magazzino*

L'edificio magazzino sarà a pianta rettangolare, con dimensioni di 15,00 x 10,00 m ed altezza fuori terra di 4,50 m. La costruzione sarà dello stesso tipo degli edifici Quadri e S.A.

Il magazzino risulta necessario affinché si possa tenere sempre a disposizione direttamente sull'impianto, apparecchiature di scorta e attrezzature, anche di dimensioni notevoli, in buone condizioni.

### - *Edificio per punti di consegna MT*

L'edificio per i punti di consegna MT sarà destinato ad ospitare i quadri contenenti i Dispositivi Generali ed i quadri arrivo linea e dove si attesteranno le due linee a media tensione di alimentazione dei servizi ausiliari della stazione e le consegne dei sistemi di telecomunicazioni.

Si prevede di installare un manufatto prefabbricato delle dimensioni in pianta di 15,90 x 2,50 m

con altezza 3,20 m.

Il prefabbricato sarà composto di sei locali. Uno nel centro sarà destinato ad ospitare i contatori di misura relativi alle due linee in ingresso, due laterali al locale misura saranno destinati ad ospitare i quadri della distribuzione per l'arrivo linee, altri due ancora esterni a questi ultimi saranno destinati ad ospitare i quadri DG di proprietà Terna e infine un ultimo locale all'estremità dell'edificio, sarà adibito ad ospitare le consegne dei sistemi di TLC.

I locali dei punti di consegna saranno dotati di porte in vetroresina con apertura verso l'esterno rispetto alla stazione elettrica per quanto riguarda gli accessi ai fornitori dei servizi di energia elettrica e TLC.

#### *- Chioschi per apparecchiature elettriche*

I chioschi sono destinati ad ospitare i quadri di protezione, comando e controllo periferici; avranno pianta rettangolare con dimensioni esterne di 2,40 x 4,80 m ed altezza da terra di 3,20 m. Ogni chiosco avrà una superficie coperta di 11,50 m<sup>2</sup> e volume di 36,80 m<sup>3</sup>. La struttura sarà di tipo prefabbricato con pennellature coibentate in lamiera zincata e preverniciata. La copertura a tetto piano sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Nell'impianto sono previsti n. 24 chioschi.

## **12. TERRE E ROCCE DA SCAVO – CODICE DELL'AMBIENTE**

Con riferimento al Dlgs 152/2006 art.186 così come modificato dal successivo D.Lgs. n. 4/2008, le terre e rocce da scavo saranno gestite secondo i criteri di progetto di seguito esemplificati:

### **12.1 Scavi relativi alla realizzazione della Stazione elettrica di Cellino San Marco 380/150 kV**

L'area interessata è attualmente a destinazione agricola e non rientra nell'elenco dei siti inquinati. Stante la natura prevalentemente pianeggiante del sito non sono previsti rilevanti movimenti terra se non quelli dovuti allo scotico superficiale, all'approfondimento fino al raggiungimento del piano di posa delle fondazioni, (sino a ca 90 cm) ed al modesto livellamento.

Successivamente alla realizzazione delle opere di fondazioni ( edifici, portali, fondazioni macchinario,etc ) sono previsti reinterri fino alla quota di – 30 cm dal p.c. e trasferimento a discarica autorizzata del materiale in eccesso.

Il quantitativo di terreno da movimentare è di circa mc 50.800 di cui circa mc 35.800 saranno riutilizzati come terreno di rinterro e circa mc 15.000 sarà destinato a discarica.

Sulle terre e rocce provenienti dai movimenti di terra sarà eseguita una caratterizzazione dei cumuli finalizzata alla classificazione di pericolosità del rifiuto (All. H parte IV Dlgs 152 / 2006) e alla determinazione della discarica per lo smaltimento intergenerale (DM 3 / 8 / 2005).

Il materiale proveniente dagli scavi sarà temporaneamente sistemato in aree di deposito

individuare nel progetto esecutivo e predisposte a mezzo di manto impermeabile, in condizioni di massima stabilità in modo da evitare scoscendimenti (in presenza di pendii) o intasamento di canali o di fossati e non a ridosso delle essenze arboree.

### **13. Varie**

Le fondazioni delle varie apparecchiature saranno realizzate in conglomerato cementizio armato. Le aree interessate dalle apparecchiature elettriche saranno sistemate con finitura a ghiaietto, mentre le strade e piazzali di servizio destinati alla circolazione interna, saranno pavimentate con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso e delimitate da cordoli in calcestruzzo prefabbricato.

Le acque di scarico dei servizi igienici provenienti dall'edificio quadri, saranno raccolte in un apposito serbatoio a vuotamento periodico di adeguate caratteristiche.

Per l'ingresso alla stazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7,00 metri ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pennellature in conglomerato cementizio armato.

La recinzione perimetrale sarà realizzata in pannelli costituiti da paletti in calcestruzzo prefabbricato e rete metallica zincata e plastificata di colore verde, con alla base una lastra prefabbricata in calcestruzzo.

Per l'illuminazione esterna della Stazione sono state previste n. 4 torri faro a corona mobile alte 35,00 m equipaggiate con proiettori orientabili.

## **14. Macchinario e Apparecchiature principali**

### **14.1 Macchinario**

Il macchinario principale è costituito da n° 3 autotrasformatori 400/150 kV le cui caratteristiche principali sono:

Potenza nominale	250 MVA
Tensione nominale	400/150 kV
Vcc%	13%
Commutatore sotto carico	variazione del $\pm 10\%$ Vn con +5 e -5 gradini
Raffreddamento	OFAF
Gruppo	YnaO
Potenza sonora	95 db (A)

### **14.2 Apparecchiature principali**

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di

sovratensione ad ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali  
 Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

Tensione massima sezione 380 kV	420	kV
Tensione massima sezione 150 kV	170	kV
Frequenza nominale	50	Hz

Correnti limite di funzionamento permanente:

Sbarre 380 kV	4000	A
Stalli linea 380 kV	3150	A
Stallo di parallelo sbarre 380 kV	3150	A
Stallo ATR 380 kV	2000	A
Sbarre 150 kV	2000	A
Stalli linea 150 kV	1250	A
Stallo di parallelo sbarre 150 kV	2000	A
Stallo ATR 150 kV	2000	A
Potere di interruzione interruttori 380 kV	50	kA
Potere di interruzione interruttori 150 kV	31.5	kA
Corrente di breve durata 380 kV	50	kA
Corrente di breve durata 150 kV	31.5	kA
Condizioni ambientali limite	-25/+40	°C
Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:		
Elementi 380 kV	40	g/l
Elementi 150 kV	56	g/l

## **15. AUTOMAZIONE DELLA STAZIONE**

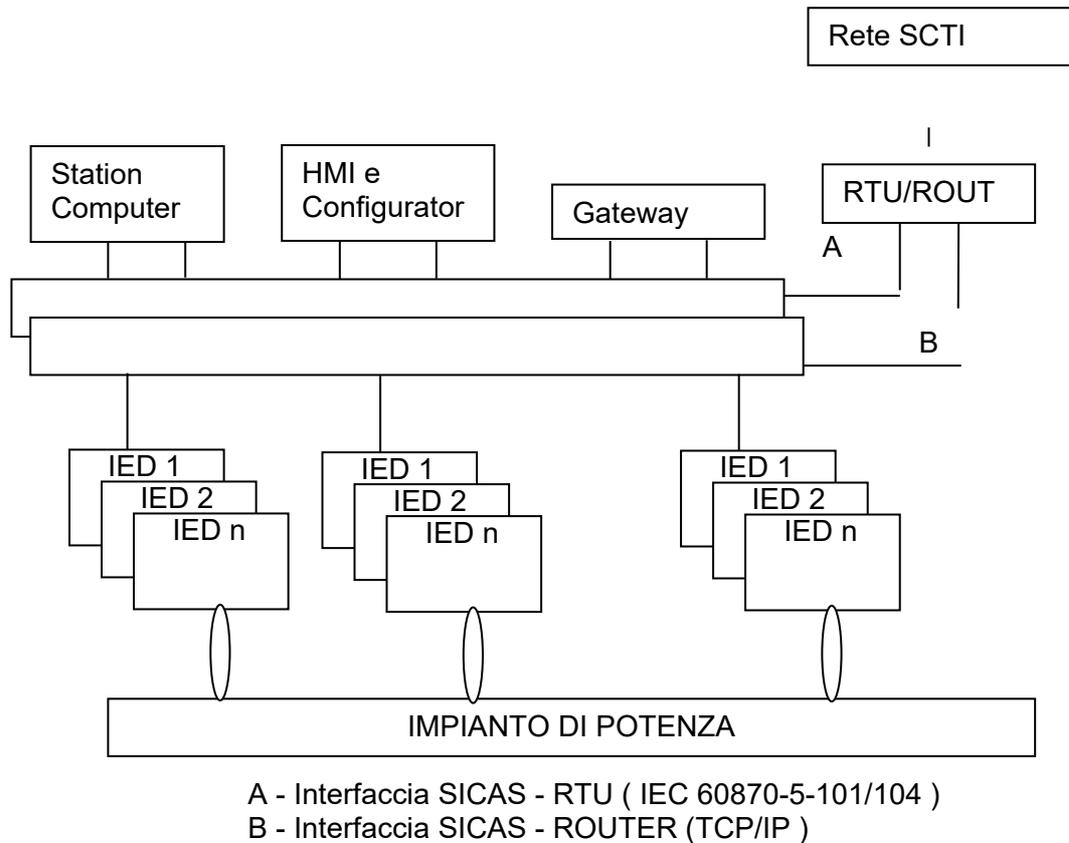
### **15.1 Sistema di Automazione della stazione di Cellino San Marco**

Il Sistema di Automazione, che integra le funzioni di Protezione, Controllo, Automazione, Supervisione e Monitoraggio di Stazione, sarà realizzato in tecnologia digitale, con apparati, struttura e funzionalità analoghe a sistemi di tale tipo realizzati in stazioni elettriche Terna.

Esso sarà tale da assicurare la rispondenza al documento GRTN DRRPX02003 "Criteri di automazione delle stazioni a tensione uguale o superiore a 120 kV".

## 15.2 Architettura di sistema

L'architettura del sistema è sinteticamente indicata nello schema a blocchi sotto riportato.



Il Sistema di Automazione sarà organizzato e dimensionato, in termini di moduli elementari, secondo la tipologia delle Unità Funzionali presenti in stazione; ad esse corrisponderanno fisicamente armadi periferici porta apparecchiature, alloggiati nei chioschi prefabbricati, situati nelle vicinanze delle corrispondenti apparecchiature AT. Tali armadi conterranno le tipologie di IED (Intelligent Electronic Device) di comando e controllo e IED di protezione.

L'alloggiamento degli armadi periferici di modulo nei chioschi è da intendersi non vincolante, nel senso che gli stessi possono (ad esempio in caso di assenza degli spazi necessari per i chioschi) essere alloggiati nell'edificio comandi.

I dispositivi fisici e logici verranno interconnessi mediante un'infrastruttura di comunicazione che utilizza protocolli e interfacce standard.

Gli apparati periferici di stallo saranno connessi, tra loro ed agli apparati centralizzati del sistema, tramite cavi in fibra ottica che, oltre ad assicurare la comunicazione all'interno della stazione, consentiranno il totale isolamento galvanico dei singoli moduli tra loro e verso gli apparati centralizzati.

Ciascun modulo del sistema sarà fisicamente e strutturalmente indipendente dagli altri, consentendo la messa fuori servizio totale in sicurezza del singolo stallo per interventi di manutenzione/riparazione delle apparecchiature ed equipaggiamenti AT.

Gli apparati centralizzati del sistema saranno alloggiati nell'edificio comandi. Gli apparati principali saranno i seguenti:

Station computer/controller (SC)

Gateway (funzione eventualmente incorporata nello SC)

Consolle operatore di stazione HMI (con monitor grafico, tastiera e stampanti)

Il Sistema di Automazione di stazione sarà interfacciato al Sistema di Controllo e Teleconduzione Integrato (SCTI), ai fini della teleconduzione della stazione e del telecontrollo della rete elettrica, mediante apparato RTU anch'esso situato nell'edificio comandi.

In caso di ampliamenti della stazione, sarà possibile l'aggiunta degli ulteriori moduli del sistema necessari con limitati interventi di riconfigurazione dello stesso.

### **15.3 Funzioni di controllo e supervisione**

Gli apparati IED di controllo eseguiranno, direttamente, le funzioni di comando e provvederanno alla funzione di supervisione acquisendo le grandezze dal campo. Le funzioni di comando, interblocco, supervisione ed automazione, saranno eseguite conformemente ai sistemi attualmente in esercizio sugli impianti TERNA.

### **15.4 Funzioni di protezione**

Gli apparati IED di protezione distanziometrica saranno rispondenti a quanto prescritto nel documento GRTN DRRP02002 "Specificazione funzionale per apparati di protezione rete di tipo digitale". Essi saranno di tipo validato da Terna per l'impiego nelle proprie stazioni.

Le funzioni di protezione saranno assicurate in modo indipendente dalle rimanenti funzionalità del sistema, nel senso che gli apparati di protezione e relativi circuiti saranno tali da essere completamente attivi e funzionanti anche in caso di avaria degli IED di comando e controllo, degli apparati centralizzati e/ o della comunicazione.

### **15.5 Funzioni di Monitoraggio**

Le funzioni di registrazione cronologica di eventi saranno integrate nel sistema: l'acquisizione dei dati, eventi ed oscillogrammi sarà effettuata dagli IED periferici, mentre l'archiviazione degli stessi

avverrà negli apparati centralizzati.

I dati di monitoraggio, oltre che visualizzabili e stampabili localmente, saranno accessibili da remoto.

### **15.6 Consolle di stazione**

Dalla consolle operatore (HMI) sarà possibile la conduzione locale centralizzata della stazione, con visualizzazione e stampa delle informazioni sintetiche e di dettaglio dell'impianto; dalla stessa sarà inoltre possibile la visualizzazione e la stampa dei dati di monitoraggio e la diagnostica del sistema.

La postazione HMI sarà utilizzata anche per la configurazione/ parametrizzazione del sistema e dei suoi componenti.

## **16. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE**

La durata di realizzazione della stazione è stimata in 16 mesi.

In ogni caso, in considerazione dell'urgenza e della importanza dell'opera, saranno intraprese tutte le azioni volte ad anticipare il più possibile il completamento dell'impianto e la conseguente messa in servizio.

## **17. INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE – SISMICITA'**

### **17.1 Inquadramento geologico**

Per quanto concerne l'inquadramento geologico dell'area interessata dalla nuova Stazione Elettrica si rimanda all'apposita relazione.

### **17.2 Caratteristiche sismiche**

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di indagine, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Puglia n. 153 del 2.03.2004.

<b>Zona sismica</b>	Zona con pericolosità sismica molto bassa.
<b>4</b>	E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante,  $a_g < 0,05g$ , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

### 17.3 AREE IMPEGNATE

L'elaborato "Planimetria catastale" riporta l'estensione dell'area impegnata dalla stazione.

I terreni ricadenti all'interno di detta area, risulteranno soggetti al vincolo preordinato all'esproprio.

I proprietari dei terreni interessati dalle aree potenzialmente impegnate (ed aventi causa delle stesse) e relativi numeri di foglio e particelle sono riportati nell' "Elenco proprietà catastali" come desunti dal catasto.

### 17.4 CAMPI ELETTROMAGNETICI

L'architettura della stazione di Cellino San Marco, rispondente ai requisiti del GSE, è simile ai più recenti standard di stazioni AT sia per quanto riguarda le apparecchiature sia per quanto concerne le geometrie dell'impianto.

Per tali impianti sono stati effettuati rilievi sperimentali per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio (rif. Allegato 1), con particolare riguardo ai punti ove è possibile il transito di personale (viabilità interna).

I rilievi della sezione 380 kV, data l'unificazione dei componenti e della disposizione geometrica, sono estendibili alla nuova stazione di Cellino San Marco. Per quanto concerne il campo elettrico al suolo, i valori massimi si presentano in corrispondenza delle uscite linea a 380 kV con punte di circa 12,5 kV/m, che si riducono a meno di 0,5k V/m già a circa 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

Per quanto concerne il campo magnetico al suolo questo risulta massimo sempre in corrispondenza delle medesime linee, con valori variabili in funzione delle condizioni di esercizio; nel caso in esame, ipotizzando correnti di linea di 1500 A (valore corrispondente alla corrente nominale delle linee 380kV), si hanno valori del campo magnetico al suolo di circa 18  $\mu$ T, che si riducono a meno di 8  $\mu$ T già a 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

Il campo elettromagnetico alla recinzione è pertanto sostanzialmente riconducibile ai valori generati dalle linee entranti.

## ALLEGATO N. 1

### CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLE STAZIONI DI TRASPORTO CON ISOLAMENTO IN ARIA

La Fig. 1 mostra la planimetria di una tipica stazione 380/130 kV dell'ENEL all'interno della quale è stata effettuata una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo. La stessa Fig. 1 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase-terra e fase-fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure. Inoltre nella Fig. 1 sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portatili (aree A, B, C e D), mentre sono contrassegnate con frecce le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità detti campi).

Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la Fig. 2 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n° 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

ALLEGATO 1

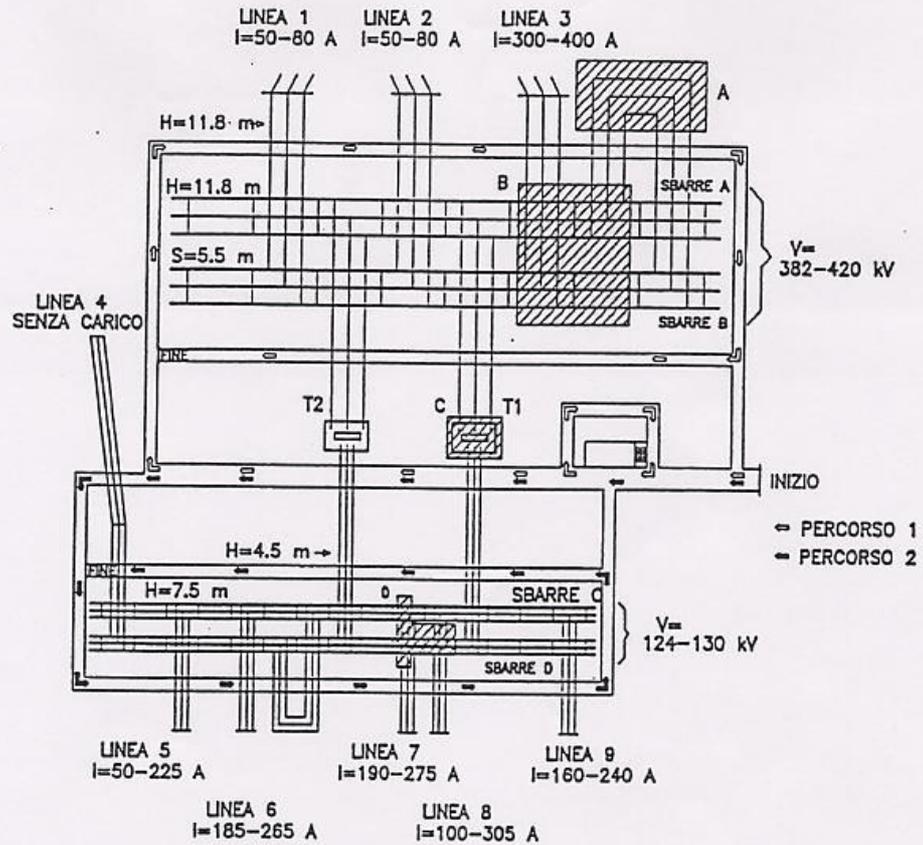


Fig.1 - Pianta di una tipica stazione 380/130 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H), e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le misurazioni di campo elettrico e magnetico

Nella stazione elettrica saranno presenti esclusivamente macchinari statici, che costituiscono una modesta sorgente di rumore, ed apparecchiature elettriche che costituiscono fonte di rumore esclusivamente in fase di manovra.

Il rumore sarà quindi prodotto in pratica dalle unità di trasformazione principali e dai relativi impianti ausiliari (raffreddamento).

Le macchine che verranno installate nella nuova stazione elettrica saranno degli autotrasformatori 400/150 kV a bassa emissione acustica.

Il livello di emissione di rumore sarà in ogni caso in accordo ai limiti fissati dalla legge quadro sull'inquinamento acustico in corrispondenza dei recettori sensibili.

L'impianto sarà inoltre progettato e costruito secondo le raccomandazioni riportate dalle Norme CEI di riferimento.

## **18. SOSTEGNI**

### **18.1 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO**

Le caratteristiche elettriche del raccordo sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	380 kV
Corrente nominale	1500 A
Potenza nominale	1000 MVA

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 380 kV in zona A e in zona B.