

# "PARCO EOLICO SENNORI (SS)"

Progetto per la realizzazione di un parco eolico con potenza pari a 42 MW sito nel Comune di Sennori (SS) con opere di connessione alla RTN nel Comune di Tergu (SS)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

**HE** Hydro Engineering s.s.  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA ELETTRICA

SCALA

COMMESSA

**SVIL- 1000190562**

CODIFICA DOCUMENTO

SEN-PD-R06\_00

4

3

2

1

0

PRIMA EMISSIONE

Luglio 2024

VF

VF

MG

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

Questo disegno non può essere riprodotto, nè utilizzato altrove, nè ceduto a terzi in tutto o in parte senza il consenso scritto degli autori

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE.....	3
2.2 NORMATIVA IMPIANTI EOLICI .....	3
2.3 NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/36kV.....	4
2.4 NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	6
<b>3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
3.1 IL SITO.....	7
3.2 L'IMPIANTO EOLICO.....	11
3.3 LAYOUT IMPIANTO .....	11
3.4 AEROGENERATORI.....	12
3.5 LAYOUT ELETTRICO.....	14
3.6 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE.....	15
3.7 LINEE ELETTRICHE a 36KV DI COLLEGAMENTO.....	16
<b>4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE A 36KV .....</b>	<b>17</b>
4.1 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE .....	17
4.2 CALCOLO DELLE PORTATE.....	17
4.3 DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO .....	18
4.4 TEMPERATURA DEL TERRENO .....	18
4.5 NUMERO DI TERNE PER SCAVO.....	19
4.6 POSA DIRETTAMENTE INTERRATA .....	20
4.7 PROFONDITÀ DI POSA .....	22
4.8 RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO .....	22
4.9 TABULATI DI CALCOLO.....	22
<b>5. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE.....</b>	<b>24</b>
5.1 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....	24
5.2 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	25
5.3 PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE .....	26
<b>6. MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RETE .....</b>	<b>27</b>
<b>7. AREA EDIFICIO CONSEGNA.....</b>	<b>28</b>
7.1 UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO .....	28
7.2 EDIFICIO CONSEGNA.....	30
7.3 OPERE CIVILI .....	30
<b>8. STAZIONE TERNA “TERGU” .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Sennori (SS)" composto da 6 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,0 MW, per una potenza complessiva di 42 MW, ubicato nel comune di Sennori (SS) e proposto dalla società Edison Rinnovabili S.p.A., facente parte del Gruppo Edison, con sede legale in Milano via Foro Buonaparte 31, 20121.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 7,0 MW, con diametro rotore fino a 163 m e altezza massima al top della pala pari a 180,0 m. per l'aerogeneratore SEN01 e pari a 200,0 m per gli aerogeneratori SEN02-SEN03-SEN04-SEN05 e SEN 06. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- elettrodotto interrato con cavi a 36 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la nuova Stazione Elettrica di Terna 150/36KV "Tergu";
- edificio di consegna;
- nuova Stazione Elettrica di Terna 150/36KV "Tergu"; da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Sennori – Tergu" e "Ploaghe Stazione – Tergu" ( progetto in capo ad un altro proponente);
- raccordi di connessione AT a 150 kV, tra la stazione 150 KV "Tergu" le linee RTN a 150 kV "Sennori – Tergu" e Ploaghe Stazione – Tergu" ( progetto in capo ad un altro proponente);.

Si precisa che la progettazione della futura stazione elettrica di Terna 150/36KV "Tergu" e dei relativi raccordi aerei da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Sennori – Tergu" e "Ploaghe Stazione – Tergu", riportati nella documentazione progettuale, sono in carico ad altro produttore avente ruolo di capofila nei confronti di Terna S.p.A.

Il presente documento riporta i dati principali del progetto elettrico.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa.

### 2.1 NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE

- D.lgs. 387/2003
- D.lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59".

### 2.2 NORMATIVA IMPIANTI EOLICI

- Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 36 kV;
- Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-3; V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed 36 KV delle imprese distributrici di energia elettrica.

### **2.3      NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/36kV**

- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 36 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a

- 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
  - Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
  - Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
  - Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
  - Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
  - Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
  - Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
  - Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
  - Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
  - Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
  - Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
  - Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
  - Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
  - Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
  - Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
  - Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
  - Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
  - Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
  - Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
  - Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
  - Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
  - Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;

- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 36 kV  
- Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
- Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

## 2.4      **NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI**

- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

#### 3.1 II SITO

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade Su Pezzu Sa Rughe (SEN-01 e SEN-02), Badde Iscorigosu (SEN-03), M. Balvarigas (SEN-04), Funtana Ruja (SEN-05), Sa Coa De Renau (SEN-06 e Edificio Consegna).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

IGM 25 K:

- 441\_II\_Sorso
- 442\_III\_Sèdini
- 459\_I\_Sassari
- 460\_IV\_Osilo

CTRN 10K WGS84:

- 442090
- 442130
- 441160
- 459040
- 460010

Catastali

- Comune di Sennori - Fogli 24,21,15,14,9,8,5 e 4
- Comune di Osilo -Fogli 29, 21, 5, 21
- Comune di Tergu (B)--- Fogli 2
- Comune di Tergu (C) - Fogli 5,3,2,1

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
SEN-01	467572	4514323	Sennori-Foglio 24, p.la: 39-38
SEN-02	468077	4514587	Sennori-Foglio 24, p.la: 34
SEN-03	468245	4515046	Sennori-Foglio 21, p.la: 39
SEN-04	468583	4515434	Sennori-Foglio 21, p.lle: 33
SEN-05	468479	4516040	Sennori-Foglio 21, p.la: 75
SEN-06	468528	4516546	Sennori-Foglio 21, p.la: 14
Edificio Consegna	468439	4516796	Sennori-Foglio 14, p.la: 105



Tabella 1 – - Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84

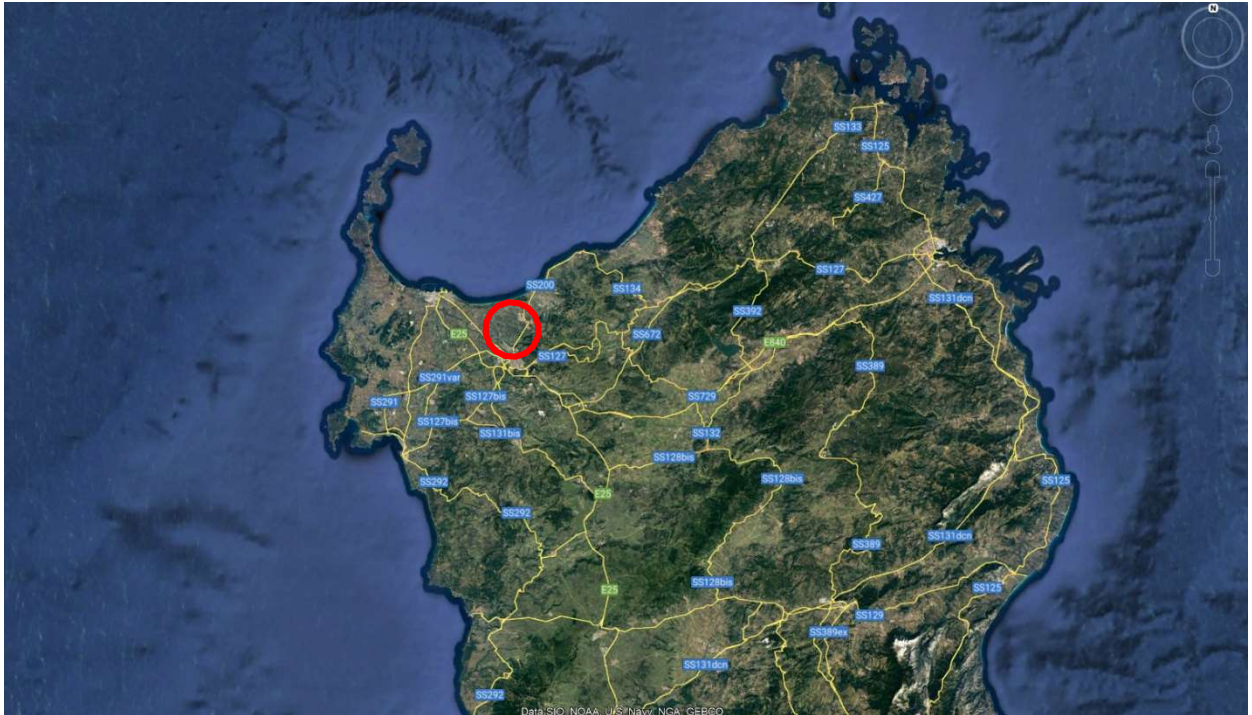


Figura 1 - Ubicazione area di impianto da satellite

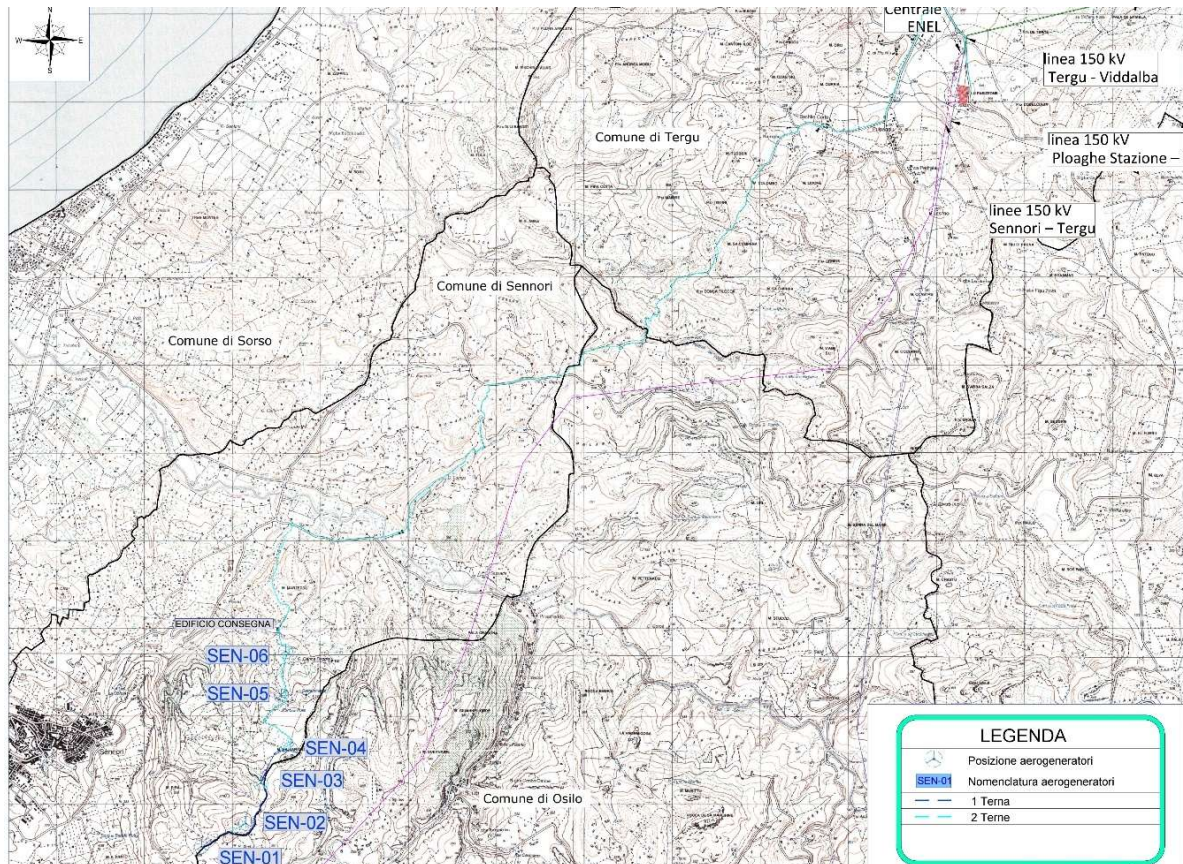


Figura 2 - Inquadramento impianto su IGM 1:25.000

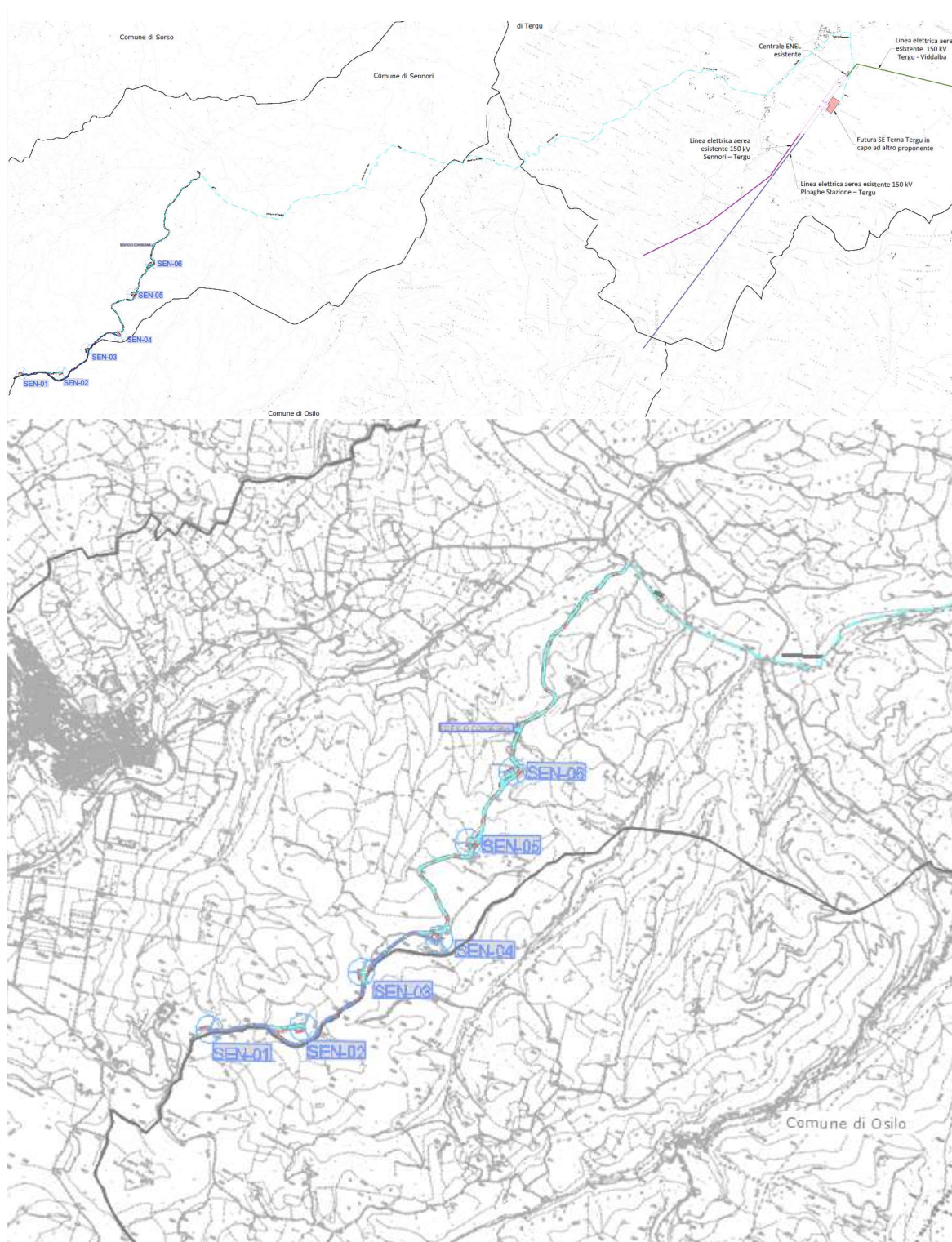


Figura 3 - Inquadramento impianto su CTR 1:10.000



Figura 4 - Inquadramento impianto su ortofoto

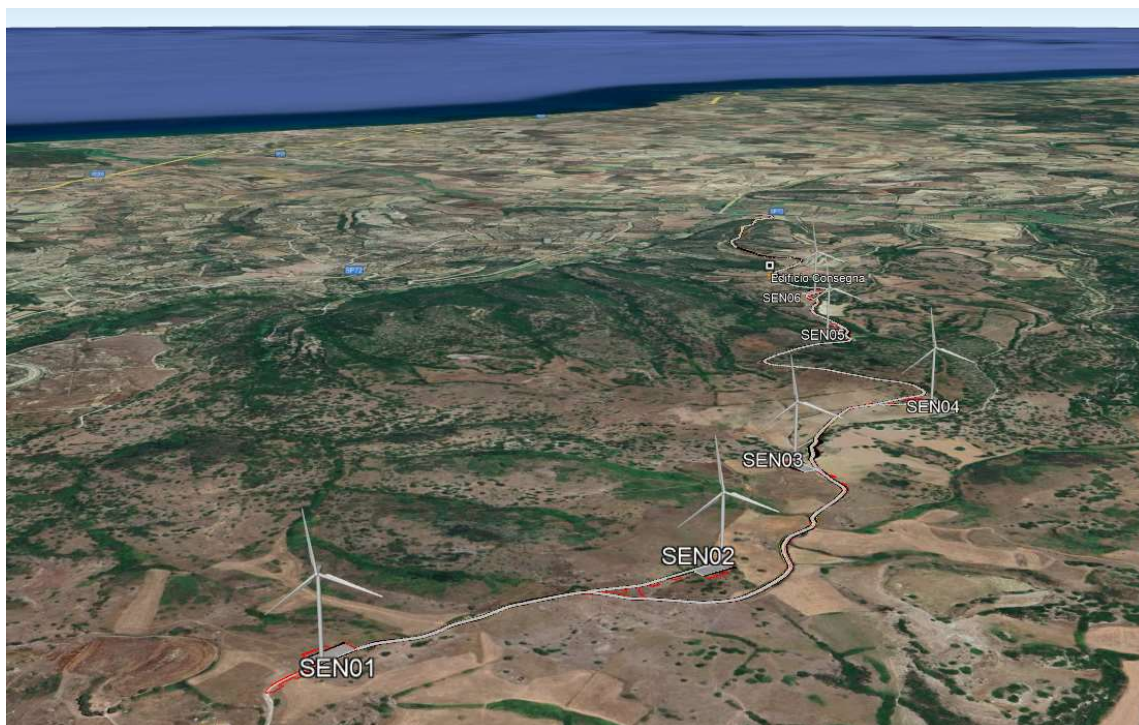


Figura 5 - Inquadramento impianto su google 3D

### 3.2 L'IMPIANTO EOLICO

L'impianto eolico è composto da aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

Gli aerogeneratori sono interconnessi da un cavo a 36kV e a loro volta si connettono alla sottostazione tramite un cavidotto interrato. Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

Non saranno necessarie cabine elettriche prefabbricate a base torre, in quanto le apparecchiature saranno direttamente installate all'interno della navicella della torre di sostegno dell'aerogeneratore. Questo comporterà un minore impatto dell'impianto con il paesaggio circostante.

All'interno della torre saranno installati:

- *il trasformatore 36kV-BT (0,95/36),*
- *il sistema di rifasamento del trasformatore,*
- *la cella 36 kV di arrivo linea e di protezione del trasformatore,*
- *il quadro di BT (950 V) di alimentazione dei servizi ausiliari,*
- *quadro di controllo locale.*

L'impianto Eolico sarà costituito da n° 6 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima da 7,0 MW, corrispondenti ad una potenza installata massima di 42,00 MW.

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori, l'edificio di consegna e la sottostazione elettrica di trasformazione.

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato e quelle a struttura metallica sono state progettate e saranno realizzate secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche vigenti relative alle leggi sopracitate, così pure gli impianti elettrici

### 3.3 LAYOUT IMPIANTO

L'impianto eolico è composto da otto aerogeneratori, ubicati nel Comune di Sennori (SS). Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole accessibili da una viabilità d'impianto. I dispositivi elettrici di trasformazione BT/36kV degli aerogeneratori saranno alloggiati all'interno delle navicelle. Pertanto, non sono previste costruzioni di cabine di macchina.

Gli aerogeneratori sono collocati lungo crinali, ovvero su poggi/altipiani, mantenendo in tal modo inalterato l'equilibrio idrogeologico.

A tal uopo è prevista un'adeguata sistemazione idraulica, mediante opere di regimazione delle acque superficiali e meteoriche, al fine di assicurarne il recapito presso gli esistenti impluvi naturali.

Detta sistemazione idraulica interesserà l'intero impianto, sia nelle zone d'installazione delle piazzole, sia nelle zone interessate dalla viabilità di progetto.

La fondazione stradale sarà realizzata con un misto granulometrico stabilizzato, ad effetto auto-agglomerante e permeabile allo stesso tempo.

Nella costruzione delle strade previste in progetto e nella sistemazione delle strade esistenti, non sarà attuato alcun artificio che impedisca il libero scambio tra suolo e sottosuolo. Eventuali interventi di consolidamento per la realizzazione delle piste di progetto saranno tali da non influenzare il regime delle acque sotterranee.

### 3.4 AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica, rappresentata nell'elaborato "SEN-PD-D25-00\_Modello Aerogeneratore".

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 7,0 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro massimo 163 m, posto sopravento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- **navicella in carpenteria metallica** con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- **sostegno tubolare troncoconico in acciaio**, avente altezza fino all'asse del rotore in conseguenza della tipologia di aerogeneratore che sarà scelto.

L'altezza complessiva prevista (calcolata come l'altezza al mozzo più la lunghezza della pala) è dunque pari a 199,5 m per le SEN-02 SEN-03 SEN-04 SEN-05 e SEN-02 e pari a 180 m per la SEN-01.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica. Si tratta di aerogeneratori di tipologia già impiegata estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza (così come si dimostrerà in vari altri documenti: piano di produzione, studio di gittata etc.);

La turbina verrà equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea.

La segnalazione notturna consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore nonché ulteriori luci lungo il sostegno di acciaio (se richieste dall'Ente).

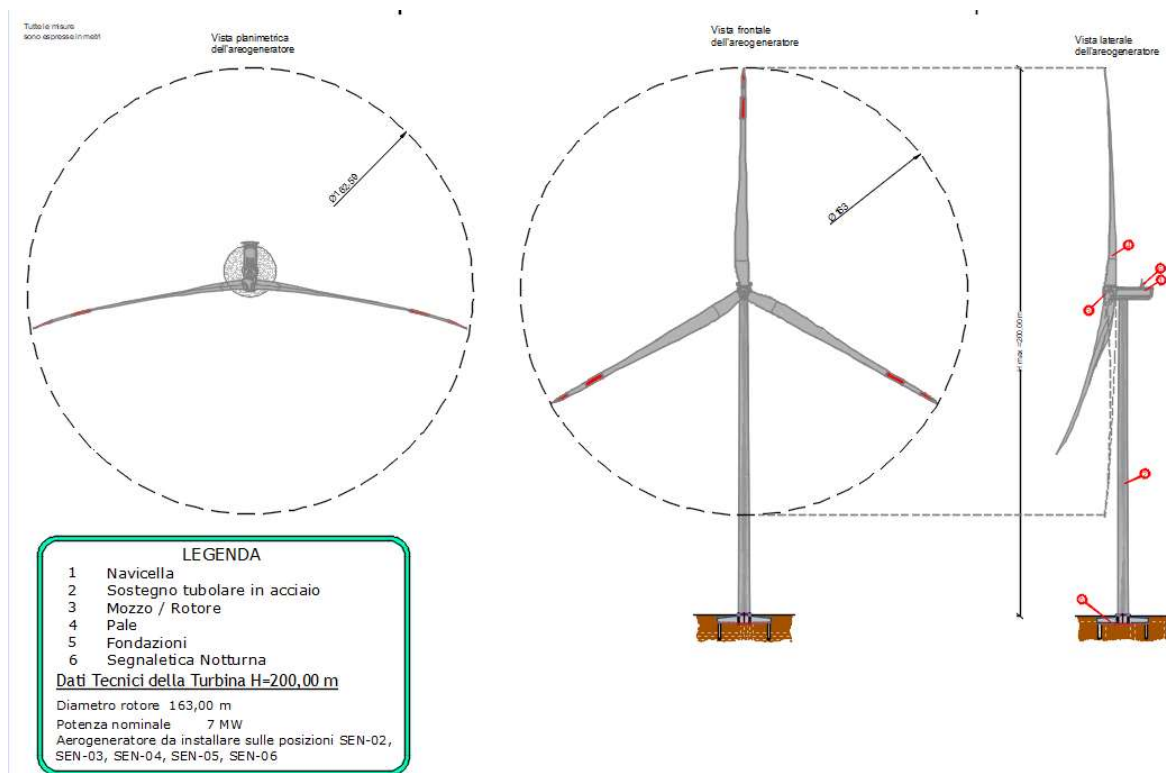


Figura 6 - Schema aerogeneratore H totale 200, m, diametro rotore fino a 163,0 m

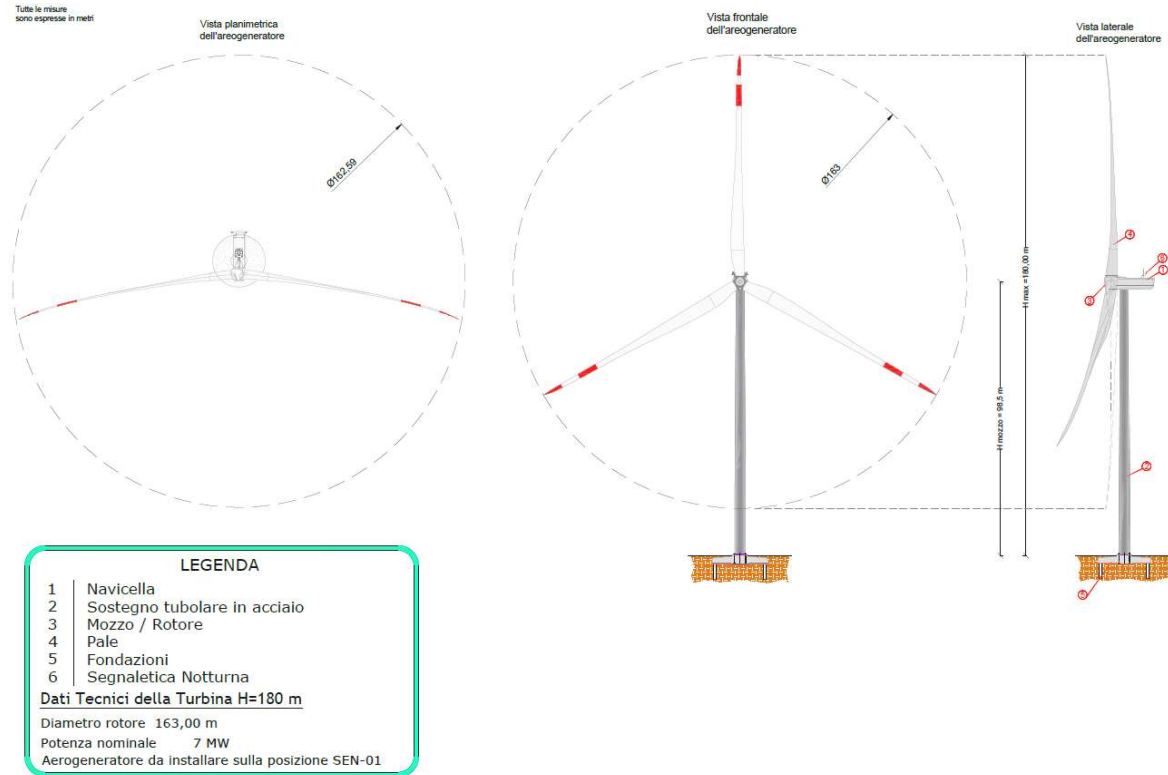


Figura 7 - Schema aerogeneratore H totale 180 m, diametro rotore fino a 163,0 m

### 3.5 LAYOUT ELETTRICO

Il parco eolico nella sua configurazione avrà una potenza complessiva di 42 MW, data dalla somma delle potenze elettriche di n. 6 aerogeneratori della potenza unitaria massima di 7,00 MW.

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro con due gruppi da 3, costituendo così n. 2 distinti sottocampi, come di seguito meglio rappresentato.

Sottocampo	Aerogeneratori	Potenza	Comune
LINEA 1	SEN01 – SEN02- SEN03- SSE	21,00 MW	Sennori
LINEA 2	SEN04 – SEN05- SEN06- SSE	21,00 MW	Sennori

Tabella 2

### 3.6 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE

L'immagine di seguito riportata mostra lo schema elettrico del parco eolico, con evidenza dei sottocampi e delle linee di collegamento. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato SEN-PD-D51-00\_\_Schema elettrico unifilare

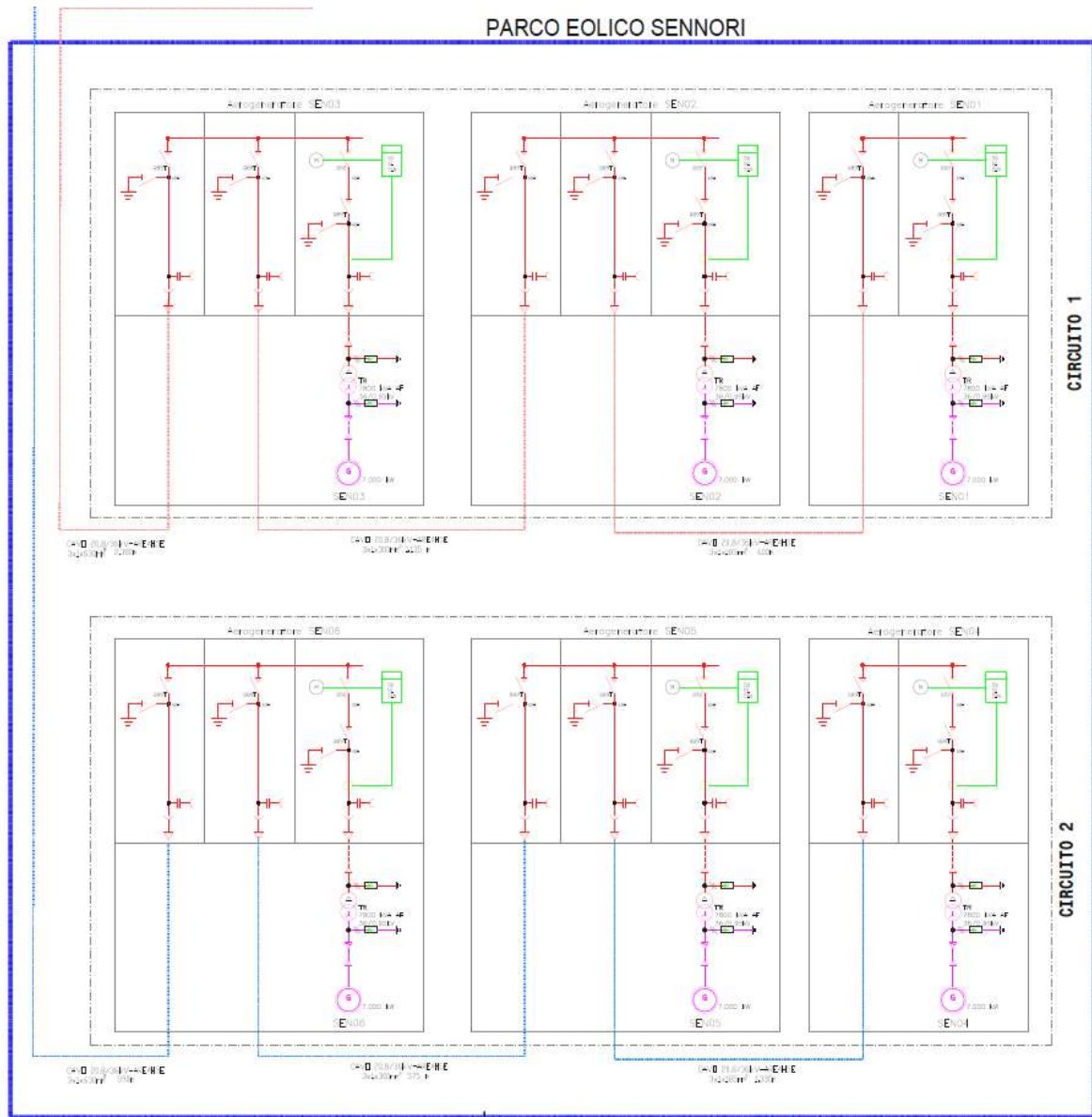


Figura 8



### 3.7 LINEE ELETTRICHE a 36KV DI COLLEGAMENTO

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi di cui al precedente paragrafo, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso l'edificio consegna è articolato su n.2 distinte linee elettriche a 36 kV, una per ciascun sottocampo e dall'edificio qui con una linea elettriche a 36 kV di due terne  $2x(3x1x630)$  verso la Stazione Elettrica Terna 150/36 kV "Tergu". Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato a 36 kV, di sezione pari a  $630 \text{ mm}^2$ .

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sottocampo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato 36 kV, di sezione crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore. Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SE Terna, saranno del tipo standard con schermo elettrico.

Nella tabella che segue

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]
<b>CIRCUITO1</b>	SEN-01	SEN-02	3x1x185	600	7
	SEN-02	SEN-03	3x1x300	1.135	14
	SEN-03	EDIFICIO CONS	3x1x630	2.380	21
<b>CIRCUITO1</b>	SEN-04	SEN-05	3x1x185	1.330	7
	SEN-05	SEN-06	3x1x300	575	14
	SEN-06	EDIFICIO CONS	3x1x630	590	21
<b>CIRCUITO 1-2</b>	EDIFICIO CONS	SE TERNA "TERGU'	$2x(3x1x630)$	14.325	42
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>42,000</b>

Tabella 3

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato grafico SEN-PD-D50-00-Sezioni tipo elettrodotti interrati 36 kV e AT.

## 4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE A 36KV

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto delle seguenti disposizioni, tratte dalla norma CEI 11-17):

- Caduta di tensione lungo la linea minore del 3%;
- Perdite di potenza minori del 5%.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

### 4.1 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

P: potenza transitante;

Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;

R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;

X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;

V: tensione di esercizio del cavo (20kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

R: resistenza longitudinale del cavo;

I: corrente transitante.

### 4.2 CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore

correttivo:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove

$I_z$  = portata effettiva del cavo

$I_0$  = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C

$K1$  = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

$K2$  = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

$K3$  = Fattore di correzione per profondità di interramento diversa da 0,8 m

$K4$  = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W

### 4.3 DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno del sottocampo che per la connessione alla SSE, saranno a norma IEC 60502-2

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio, tipo 18-36 kV con protezione meccanica avanzata o antiurto, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

La tabella che segue mostra i dati tecnici del cavo impiegato, con particolare attenzione ai parametri necessari al calcolo.

Sezione	Resistenza di fase [Ω / km]	Reattanza di fase [Ω / km]	Portata nominale [A]
120 mm <sup>2</sup>	0,211	0,115	321
300 mm <sup>2</sup>	0,129	0,104	419
630 mm <sup>2</sup>	0,063	0,095	622

Tabella 4

### 4.4 TEMPERATURA DEL TERRENO

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno

effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	0,96	0,93

Tabella 5

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà **K1 = 0,96**.

#### 4.5 NUMERO DI TERNE PER SCAVO

Dagli elaborati grafici costituenti il presente progetto è stato ricavato il numero di cavi a 36 kV presenti nella stessa trincea. A scopo cautelativo, per ciascuna tratta di collegamento si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. La tabella che segue mostra per ciascuna tratta la consistenza dei parallelismi.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	N. circuiti nella sez. di scavo
<b>CIRCUITO1</b>	SEN-01	SEN-02	3x1x185	600	7	2
	SEN-02	SEN-03	3x1x300	1.135	14	2
	SEN-03	EDIFICIO CONS	3x1x630	2.380	21	2
<b>CIRCUITO1</b>	SEN-04	SEN-05	3x1x185	1.330	7	2
	SEN-05	SEN-06	3x1x300	575	14	2
	SEN-06	EDIFICIO CONS	3x1x630	590	21	2
<b>CIRCUITO 1-2</b>	EDIFICIO CONS	SE TERNA "TERGU"	2x(3x1x630)	14.325	42	2
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>42,000</b>	

Tabella 6

Per ciascuna tratta, sulla base del numero di circuiti installati sullo stesso piano, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi **K2**

	Distanza fra i circuiti 0,20m		
N. circuiti	1	2	3
Coefficient e	1,00	0,90	0,85

Tabella 7

#### 4.6 POSA DIRETTAMENTE INTERRATA

Considerata la tipologia di posa, ossia direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano infatti trascurabili le brevi tratte di posa in tubazione interrata relative a particolari attraversamenti, il cui effetto risulta di modesta entità.

A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni interrate verrà aumentata sino a 0,5 m, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti di cui al paragrafo precedente, come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

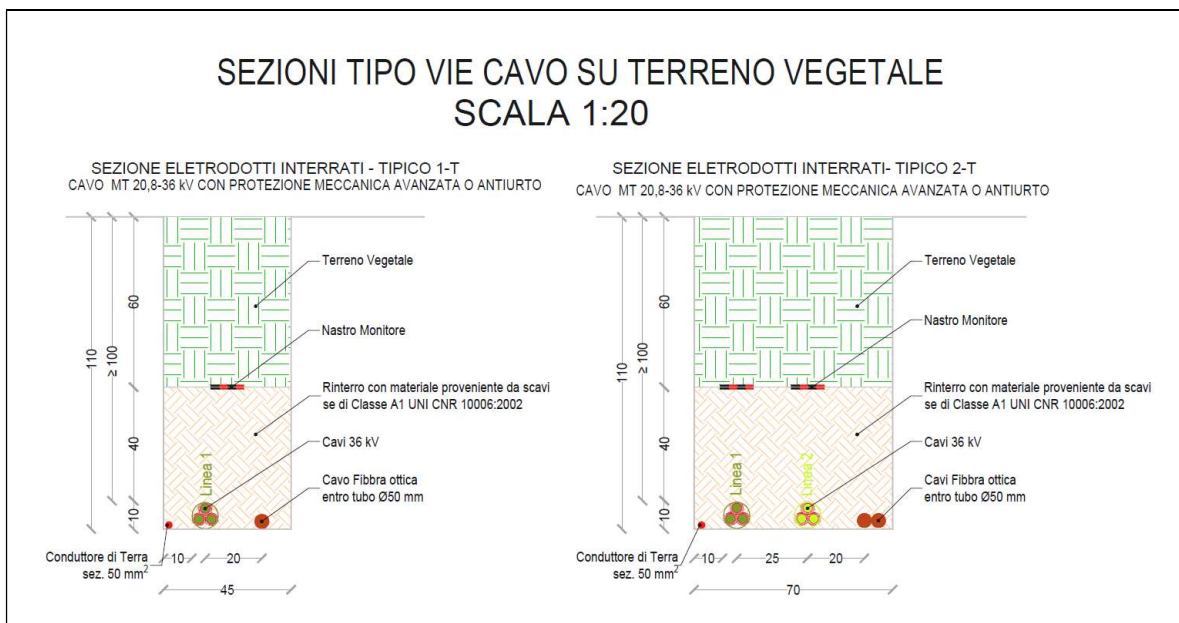


Figura 9

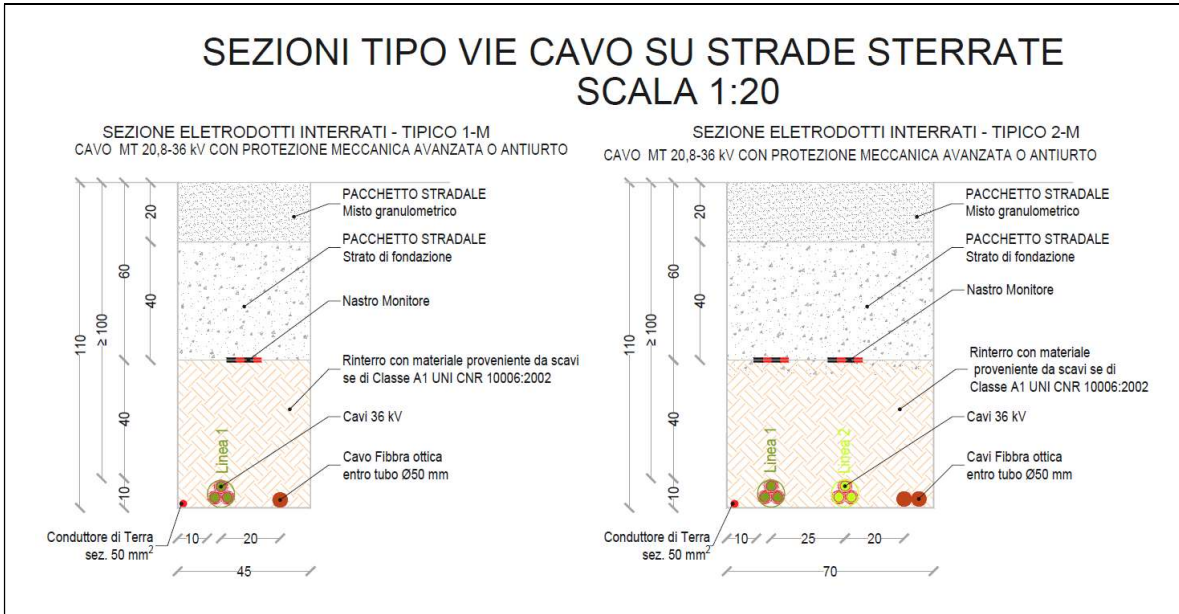


Figura 10

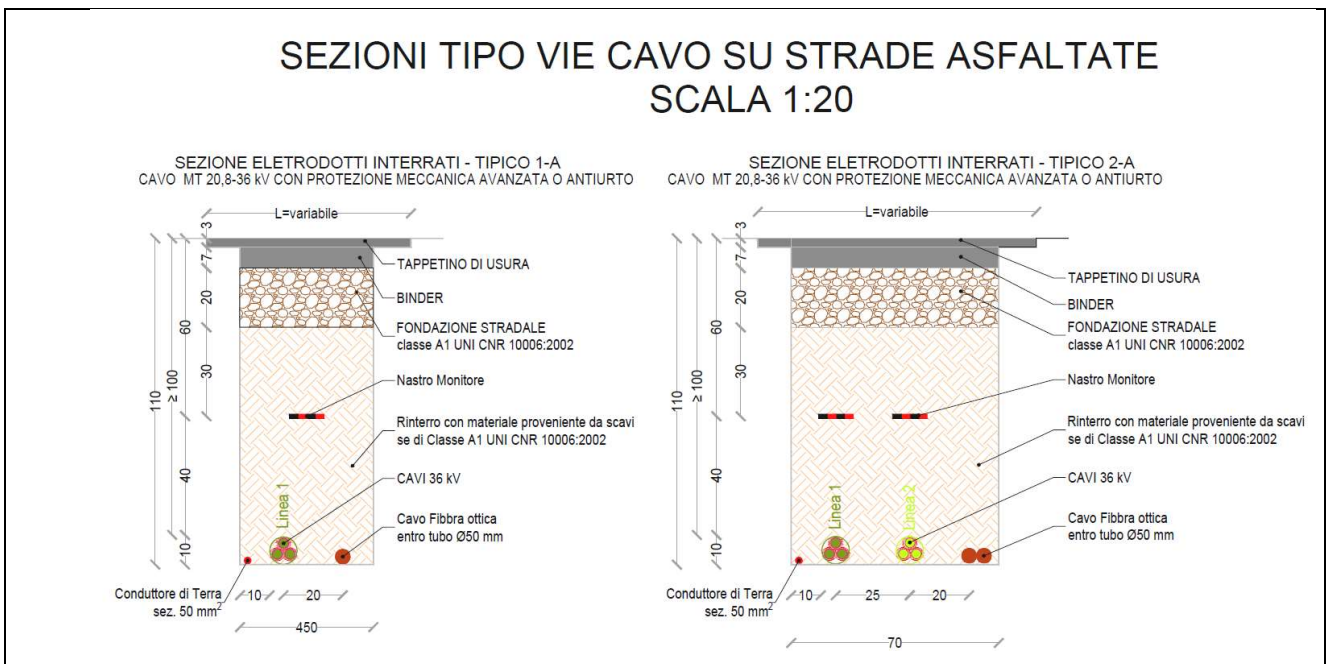


Figura 11

#### 4.7 PROFONDITÀ DI POSA

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,2	1,1 (interpolazione)
Coefficiente	1,00	0,98	0,96	0,97

Tabella 8

Considerando il valore di posa di 1,10 m, si è ricavato per interpolazione il valore del coefficiente correttivo, che risulta **K3 = 0,97**.

#### 4.8 RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K\*m/W.

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà **K4 = 1**.

#### 4.9 TABULATI DI CALCOLO

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato a 36kV. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti.

	LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVar]	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa [kW]	Δp %
EDISON	CIRCUITO1	SEN-01	SEN-02	3x1x185	600	7	118,31	321	2	0,838	269,02	44%	0,1266	0,069	2,301	0,08%	0,64%	5,316	0,08%
		SEN-02	SEN-03	3x1x300	1.135	14	236,62	419	2	0,838	351,16	67%	0,1464	0,118	4,602	0,20%	0,56%	24,593	0,18%
		SEN-03	EDIFICIO CONS	3x1x630	2.380	21	354,93	622	2	0,838	521,29	68%	0,1499	0,226	6,902	0,36%	0,36%	56,667	0,27%
	CIRCUITO1	SEN-04	SEN-05	3x1x185	1.330	7	118,31	321	2	0,838	269,02	44%	0,2806	0,153	2,301	0,18%	0,37%	11,784	0,17%
		SEN-05	SEN-06	3x1x300	575	14	236,62	419	2	0,838	351,16	67%	0,0742	0,060	4,602	0,10%	0,19%	12,459	0,09%
		SEN-06	EDIFICIO CONS	3x1x630	590	21	354,93	622	2	0,838	521,29	68%	0,0372	0,056	6,902	0,09%	0,09%	14,048	0,07%
	CIRCUITO 1-2	EDIFICIO CONS	SE TERNA "TERGU'	2x(3x1x630)	14.325	42	709,87	1244	2	0,838	1042,57	68%	0,4512	0,680	13,805	2,19%	2,19%	682,151	1,62%
				<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>		<b>42,000</b>													



## 5. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE

Per elettrocuzione si intende la condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente. Condizione necessaria perché avvenga un infortunio per elettrocuzione è quella in cui si crei una differenza di potenziale tra due punti della superficie corporea. Tale situazione potrebbe verificarsi nel caso di un contatto del corpo non isolato elettricamente da terra con un conduttore in tensione.

La gravità delle conseguenze dell'elettrocuzione dipende dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalla durata di tale evento, dagli organi coinvolti nel percorso e dalle condizioni del soggetto. Per ciascuna delle sorgenti di cui ai capitoli precedenti, nonché per tutte le componenti in tensione del parco, è stato valutato il rischio di elettrocuzione nel caso si venga a contatto con parti in tensione. In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- Contatti elettrici diretti;
- Contatti elettrici indiretti;
- Fulminazione diretta;

### 5.1 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti verranno costruiti in maniera tale da evitare qualunque contatto non intenzionale con le parti attive del sistema o il raggiungimento di zone pericolose nelle immediate vicinanze delle parti attive.

Per quanto riguarda le parti di impianto relative agli aerogeneratori e alla stazione di trasformazione, la norma CEI 11-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, con le misure prescritte dalla norma.

Per quanto riguarda invece gli elettrodotti interrati, la norma li classifica come esterni ad aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.1 della norma, ossia involucri e distanziamento; si farà nello specifico uso di cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata inoltre dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);

- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 “Prescrizioni per la sicurezza” e della Norma CEI 11-1 parte 7 “Misure di Sicurezza”.

## 5.2 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Per garantire la protezione dai contatti indiretti, l'intero impianto eolico nel suo complesso è dotato di un impianto di terra, dimensionato per garantire il rispetto dei parametri indicati dalla normativa.

Presso ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo di anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore, collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame della sezione di  $50 \text{ mm}^2$ , tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra. A tale treccia verranno collegati tutti gli schermi dei cavi presso i giunti. Infine, presso la sottostazione di trasformazione, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno connesse tutte le parti metalliche non in tensione, così pure il centro stella del trasformatore.

Verranno inoltre installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori 36kV/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 “Prescrizioni per la sicurezza” e della Norma CEI 11-1 parte 7 “Misure di Sicurezza”.

---

### 5.3 PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE

Gli aerogeneratori implementano già al loro interno un sistema di protezione contro le fulminazioni, costituito da un sistema di captazione, realizzato con un anello di alluminio disposto sulle pale, da una linea di drenaggio e da una rete di terra realizzata intorno alla fondazione dell'aerogeneratore.

## 6. MODALITÀ DI CONNESSIONE ALLA RETE

L'impianto eolico di Sennori avrà una potenza installata di 42.00 MW, ed il proponente ha richiesto a Terna il preventivo di connessione che prevedrà come la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 150 /36kV, da inserire in entra – esce alle linee 150 kV “Sennori – Tergu” e “Ploaghe Stazione – Tergu.

## 7. AREA EDIFICIO CONSEGNA

Nel presente capitolo si darà descrizione dell'area dell'edificio di consegna a servizio dell'impianto eolico in oggetto, dando evidenza delle caratteristiche delle principali componenti elettriche e delle opere civili necessarie alla realizzazione dell'opera.

### 7.1 UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso l'edificio consegna e da qui verso la Stazione Elettrica Terna "Tergu" 150/36 kV in progetto nel Comune di Tergu in provincia di Sassari.

L'area dell'edificio Consegna ricadrà nel territorio Comunale di Sennori provincia di Sassari nei pressi di "C. Badde Zotta" (particella n.105 del foglio 14); la sua posizione è identificata dalle coordinate geografiche: 40°48'5.62"N, 8°37'32.99"E

L'area dell'edificio Consegna è di forma rettangolare di larghezza pari a circa 40 m e di lunghezza pari a circa 24,30 m, interamente recintata accessibile e tramite un cancello carrabile largo 7,00 m. Il sito è accessibile dalla S.P.72 proseguendo su una strada di parco.

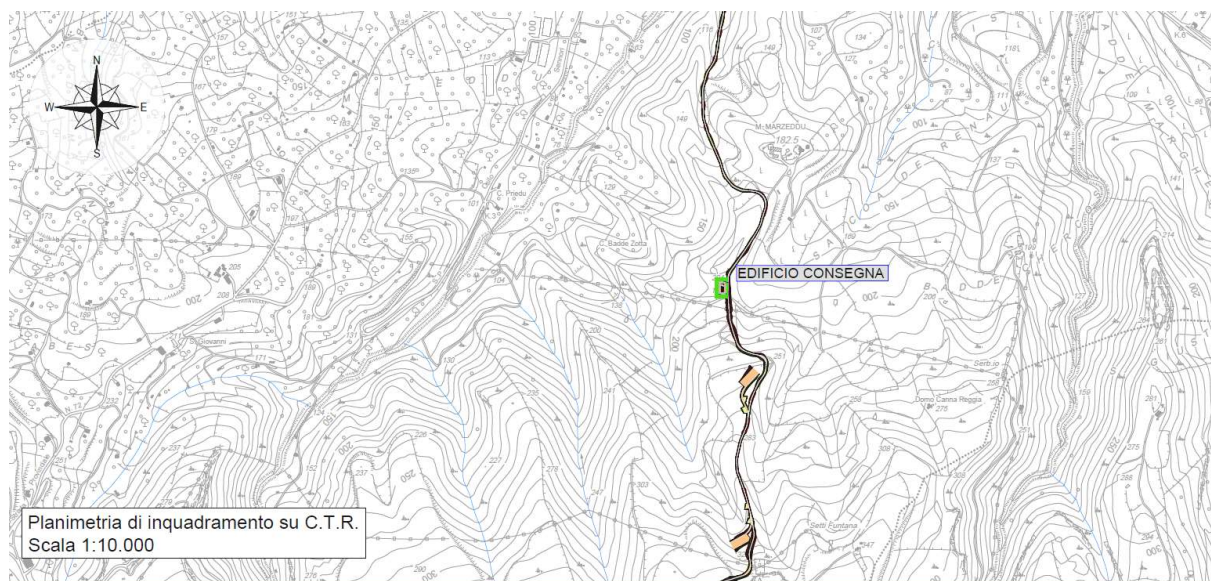


Figura 12

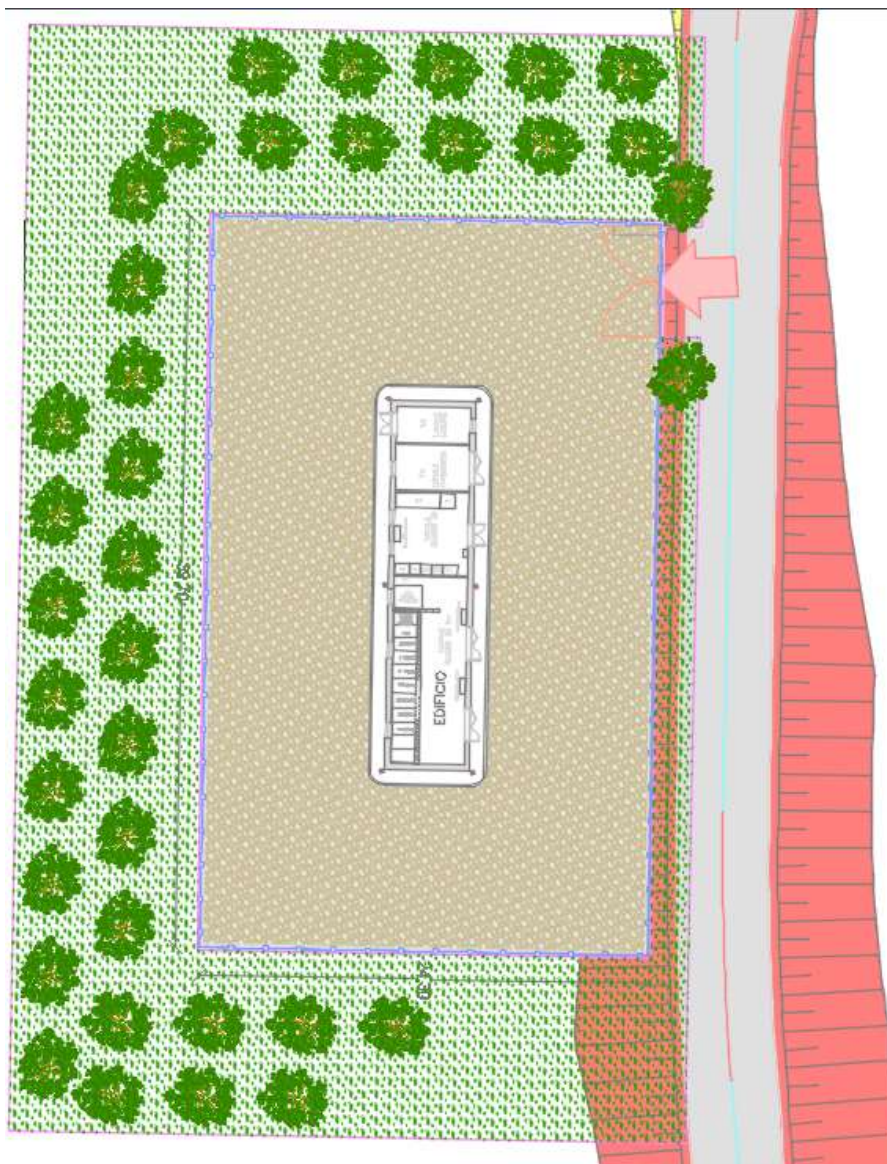


Figura 13 Planimetria Area Edificio Consegna

## 7.2 EDIFICIO CONSEGNA

Presso l'area in esame verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici, avente un ingombro in pianta di (20,0 x 4,60) m, nel quale verranno ubicati i quadri a 36KV, i trasformatori 36kV/BT, nonché i quadri ausiliari.

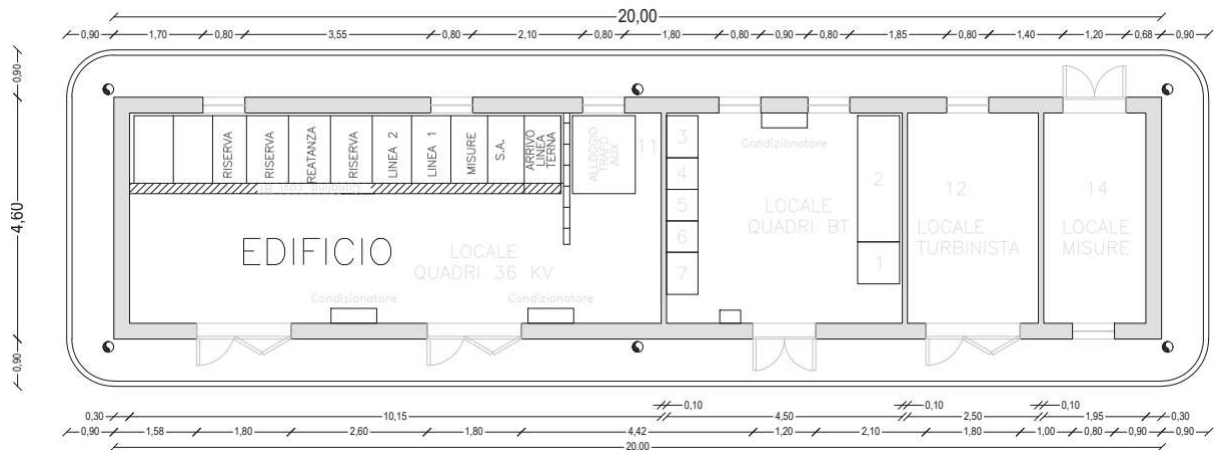


Figura 14 Layout edificio consegna

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri a 36kV;
- Locale quadri BT;
- Locale Turbinista.
- Locale Misure e Contatori.

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

## 7.3 OPERE CIVILI

Le Opere Civili di dell'Area dell'Edificio Consegna possono essere identificate così come segue:

A. Edificio Consegna

B. Opere complementari

- Recinzione metallica con altezza minima fuori terra su entrambi i lati di 2,50 m dal piano
- Area a verde perimetrale;
- Area inghiaaiata permeabile.

## 8. STAZIONE TERNA “TERGU”

L'impianto eolico di Sennori avrà una potenza installata di 42.00 MW, ed il proponente ha richiesto a Terna il preventivo di connessione che prevedrà come la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 150 /36kV, da inserire in entra – esce alle linee 150 kV “Sennori – Tergu” e “Ploaghe Stazione – Tergu”.

Quindi il sistema di connessione alla rete prevede:

- la nuova Stazione Elettrica di Terna 150/36KV "Tergu"; da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV “Sennori – Tergu” e “Ploaghe Stazione – Tergu”.
- raccordi di connessione AT a 150 kV, tra la stazione 150 KV “Tergu” le linee RTN a 150 kV “Sennori – Tergu” e Ploaghe Stazione – Tergu”.

La Stazione elettrica RTN 150 kV denominata “Tergu” sarà ubicata nel Comune di Tergu, in provincia di Sassari in località Case Addis nei pressi del Monte Lu Pabizzone (particelle n.251, 102 e 57 del foglio 2),

La stazione interessa un'area di forma a L composta da un parte di larghezza pari a circa 119,50 m e di lunghezza pari a circa 119.25 m e una seconda parte di larghezza pari a circa 88,00 m e di lunghezza pari a circa 85 m, interamente recintata e accessibile tramite un cancello carrabile largo 7,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale posti sul lato est della stazione stessa. Il sito è accessibile dalla SP17 ed un tratto di strada vicinale che sarà realizzata per l'accesso alla Stazione Terna.

Relativamente ai raccordi aerei AT tra la stazione RTN e le linee AT esistenti, l'intervento consiste nella realizzazione dei nuovi elettrodotti aerei a 150 kV di raccordo tra le due linee esistenti “Sennori – Tergu” e “Tergu – Ploaghe” e la futura Stazione Elettrica di smistamento a 150 kV di Tergu “SE Tergu”.

Gli elettrodotti di raccordo saranno quattro, due per ognuna delle linee attualmente esistenti:

- “Sennori – SE Tergu”
- “SE Tergu – Tergu”
- “SE Tergu – Ploaghe””;
- “Tergu – SE Tergu””.

Si precisa che la progettazione della futura stazione elettrica di Terna 150/36KV "Tergu" e dei relativi raccordi aerei da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV “Sennori – Tergu” e “Ploaghe Stazione – Tergu”), riportati nella documentazione progettuale, sono in carico ad altro produttore avente ruolo di capofila nei confronti di Terna S.p.A.