

# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari (SS)

## COMUNI DI NULE E BENETUTTI



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	23/07/20	FURNO C.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	01/07/20	FURNO C.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**



**innogy**

Sede legale in Milano, via F. Restelli, 3/1 - 20124 Milano. Codice Fiscale e P. IVA 0259064021

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Pippo Fava, 1 - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1813283  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Progettista/Resp. Tecnico

Dott. Ing. Furno Cesare

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C19023S05-PD-RT-02-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	IL SITO.....	8
3.1	Riferimenti cartografici e posizioni wtg .....	8
3.2	Descrizione generale .....	10
4	L'IMPIANTO EOLICO.....	12
4.1	Layout impianto .....	13
4.2	Aerogeneratori .....	13
4.3	Potenza installata e producibilità' .....	16
4.4	Analisi acustica.....	16
4.5	Lista anagrafica dei componenti l'impianto.....	20
4.6	Descrizione tecnica dei componenti l'impianto .....	20
4.6.1	Specifiche tecniche Aerogeneratori.....	20
4.6.2	Sistemi elettrici e di controllo interni .....	25
4.6.3	Sistemi elettrici e di controllo esterni.....	26
4.6.4	Descrizione dei componenti principali .....	26
4.6.5	Stazione di trasformazione utente - Buddusò.....	27
4.6.6	Impianto di rete per la connessione della SSEU-Buddusò.....	28
4.7	Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto.....	28
5	INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI.....	29
5.1	Inquadramento geologico generale.....	29
5.2	Fondazione Aerogeneratore .....	30
5.3	Piazzole aerogeneratori.....	31
5.4	Strade di accesso e viabilità di servizio .....	32
5.4.1	Viabilità di accesso al Sito.....	32
5.4.2	Viabilità di Servizio .....	35
5.5	RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI.....	38
5.5.1	Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade.....	38
5.5.2	Sovrastrutture per piazzole e strade.....	39
5.5.3	Sistemazione del piano di posa.....	40
5.5.4	Pavimentazione con materiale arido.....	41
5.6	Verifica geotecnica della fondazione stradale.....	42

5.6.1	Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole .....	42
5.6.2	Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole .....	42
6	OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE .....	43
6.1	Generalita' .....	43
6.2	Specifiche tecniche degli interventi.....	45
6.2.1	Cunetta vivente .....	46
6.2.2	Canalizzazioni in pietrame e legno .....	46
6.2.3	Idrosemina e rivestimenti antierosivi .....	47
7	OPERE IDRAULICHE .....	50
8	CAVIDOTTI .....	51
8.1	Generalita' .....	51
8.2	Dati tecnici del cavo utilizzato.....	51
8.3	Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa .....	55
8.4	Profondita' e sistema di posa cavi.....	57
8.5	Fibra ottica di collegamento.....	58
8.6	Sistema di terra .....	59
8.7	Opere civili cavidotti .....	59
9	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA.....	60

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" data-bbox="1129 250 1492 295"> <tr> <td data-bbox="1129 250 1252 295">23/07/2020</td> <td data-bbox="1252 250 1364 295">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 250 1492 295">Pag.4</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.4
23/07/2020	REV: 1	Pag.4			

## 1 PREMESSA

Su incarico di INNOGY ITALIA SpA, la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Nule e Benetutti, nella provincia di Sassari.

Il progetto prevede l'installazione di n. 11 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,7 MW, per una potenza complessiva di impianto di 62,7 MW.

Nel dettaglio il progetto prevede l'installazione di n.8 aerogeneratori nei terreni del Comune di Nule (SS) e di n.3 aerogeneratori nei terreni del Comune di Benetutti (SS).

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Buddusò (SS), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, in GIS denominata "Buddusò", già in iter nel Piano di Sviluppo di Terna.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl.

ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

Sia ANTEX che INNOGY pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, le Aziende citate, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

	REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI  <b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	 INGEGNERIA & INNOVAZIONE <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">23/07/2020</td> <td style="width: 33%;">REV: 1</td> <td style="width: 33%;">Pag.5</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.5
23/07/2020	REV: 1	Pag.5			

## 2    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **Rumore**

- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 “Legge Quadro sull’inquinamento acustico”: stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell’ambiente esterno e dell’ambiente abitativo dall’inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”: contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono tenute a rispettare;
- D.M. 16 marzo 1998 “Tecniche di rilevamento e misurazione dell’inquinamento acustico”: riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione;
- Norma UNI/TS 11143-7 “Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 7: Rumore degli aerogeneratori”
- in ambito regionale, il documento tecnico “Direttive Regionali in materia di inquinamento acustico ambientale” approvato con Deliberazione della Regione Sardegna n. 62/9 del 14 novembre 2008.

### **Energie rinnovabili**

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011

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

- DGR 27/16 del 01/06/2011 Procedimento di autorizzazione unica per l’installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili
- LR 43 1989 Norme in materia di opere concernenti linee ed impianti elettrici

### **Elettrodotti, linee elettriche, sottostazione e cabina di trasformazione**

- 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";
- Norma CEI 211-4/1996 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma CEI 211-6/2001 “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”

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1137 264 1251 293">23/07/2020</td> <td data-bbox="1251 264 1364 293">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 264 1477 293">Pag.6</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.6
23/07/2020	REV: 1	Pag.6			

- Norma CEI 11-17/2006 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica–Linee in cavo”;
- DM 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.
- CEI 0-16 Ed. III, dicembre 2012: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norma Generale. Fasc. 1003
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo. Fasc. 8408 ed 2006
- CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici
- CEI 14-4 Trasformatori di potenza Fasc. 609
- CEI 14-4V1 Variante n. 1 Fasc. 696S
- CEI 14-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 1057V
- CEI 14-4 V3 Variante n. 3 Fasc. 1144V
- CEI 14-4 V4 Variante n. 4 Fasc. 1294V
- CEI 14-8 Trasformatori di potenza a secco Fasc. 1768
- CEI 14-12 Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 2500 kVA con una tensione massima per il componente non superiore a 36kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con una tensione massima per il componente non superiore a 24kV Fasc. 4149C
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1375
- CEI 17-1 V1 Variante n. 1 Fasc. 1807V
- CEI 17-4 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1343
- CEI 17-4 EC Errata corrige Fasc. 1832V
- CEI 17-4 V1 Variante n. 1 Fasc. 2345V
- CEI 17-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 2656V
- CEI 17-6 Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52kV Fasc. 2056
- CEI 17-13/1 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte I: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS) Fasc. 2463E
- CEI 17-13/2 Apparecchiatura assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte II: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre Fasc. 2190
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione della sovratemperatura mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) ANS Fasc. 1873
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al corto circuito delle apparecchiature non di serie (ANS) Fasc. 2252
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV Fasc. 1843

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1137 259 1251 295">23/07/2020</td> <td data-bbox="1251 259 1364 295">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 259 1484 295">Pag.7</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.7
23/07/2020	REV: 1	Pag.7			

- CEI 20-13 V1 Variante n. 1 Fasc. 2357V
- CEI 20-13 V2 Variante n. 2 Fasc. 2434V
- CEI 20-22II Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 2: Prova di non propagazione dell'incendio Fasc. 2662
- CEI 20-22III Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 3: Prove su fili o cavi disposti a fascio Fasc. 2663
- CEI 20-35 Prove sui cavi elettrici sottoposti a fuoco. Parte 1: Prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale. Fasc. 688
- CEI 20-35V1 Variante n. 1 Fasc. 2051V
- CEI 20-37/1 Cavi elettrici – Prove sui gas emessi durante la combustione Fasc. 739
- CEI 20-37/2 Prove sui gas emessi durante la combustione dei cavi – Determinazione dell'indice di acidità (corrosività) dei gas mediante la misurazione del pH e della conduttività Fasc. 2127
- CEI 20-37/3 Misura della densità del fumo emesso dai cavi elettrici sottoposti e combustione in condizioni definite. Parte 1: Apparecchiature di prova Fasc. 2191
- CEI 20-38 Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: Tensioni nominali U<sub>0</sub>/U non superiore a 0.6/1kV Fasc. 2312
- CEI UNEL35024/1 Portata dei cavi in regime permanente Fasc. 3516 Per impianti elettrici utilizzatori:
- CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua Fasc. 4131
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (codice IP) Fasc. 3227C Per impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione:
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Fasc. 5025
- CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni Fasc. 3703R

L'impianto dovrà essere conforme inoltre alle prescrizioni contenute nella Specifica Tecnica Tema "requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

### Opere civili

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Linee guida editate dall'A.R.T.A. nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1137 257 1252 293">23/07/2020</td> <td data-bbox="1252 257 1364 293">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 257 1476 293">Pag.8</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.8
23/07/2020	REV: 1	Pag.8			

- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) “Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 02/02/2009 contenente istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche “Norme tecniche n. 78 del 28 luglio 1980 sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane.
- IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;
- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures”.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

#### **Sicurezza**

- D.LGS 9 Aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza”

### **3 IL SITO**

#### **3.1 Riferimenti cartografici e posizioni wtg**

Il progetto si identifica all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche 481/1 e 481/2;
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 481110, 481120, 481150, 481070, 481080, 481040;

I fogli di mappa catastali interessati dalle macchine e dalla viabilità di nuova realizzazione sono:

- Fogli di mappa n. 8, 9, 10 del Comune di Nule;
- Foglio di mappa n. 24 del Comune di Benetutti.

I fogli di mappa interessati dalle cabine di sezionamento e dalla sottostazione elettrica sono:

- Fogli di mappa n. 3 del Comune di Nule;
- Foglio di mappa n. 51 del Comune di Buddusò;

I fogli di mappa interessati dal solo passaggio del cavidotto in MT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

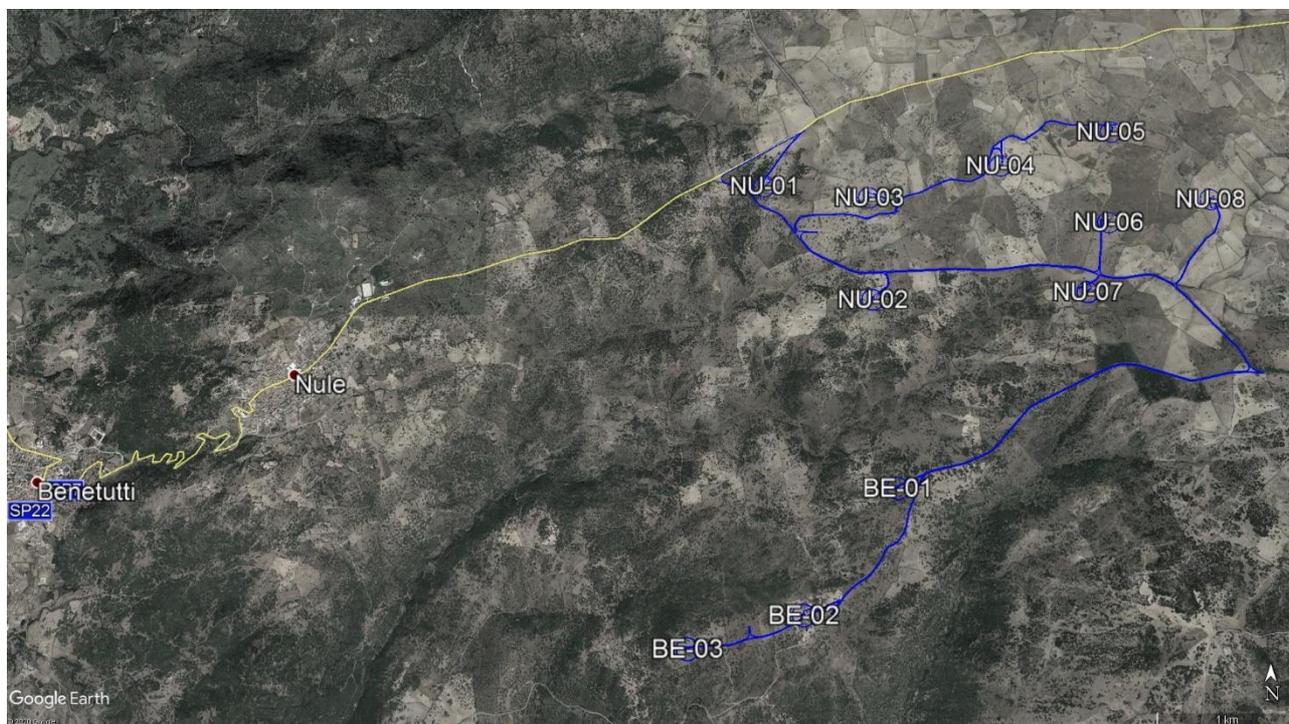
- Fogli di mappa n. 2 del Comune di Nule;
- Fogli di mappa n. 1, 2 del Comune di Orune;
- Foglio di mappa n. 3, 6, 7 del Comune di Osidda;
- Foglio di mappa n. 49, 50, 58, 62 del Comune di Buddusò;

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM WGS84.

ID WTG	Est	Nord	Comune
NU-01	519821.00	4480660.00	NULE
NU-02	520637.00	4479766.00	NULE
NU-03	520633.00	4480578.00	NULE
NU-04	521657.00	4480833.00	NULE
NU-05	522534.00	4481114.00	NULE
NU-06	522469.00	4480380.00	NULE
NU-07	522284.00	4479832.00	NULE
NU-08	523265.00	4480564.00	NULE
BE-01	520782.00	4478329.00	BENETUTTI
BE-02	520068.00	4477401.00	BENETUTTI
BE-03	519219.00	4477158.00	BENETUTTI

Inoltre, di seguito, le particelle con relative qualità catastali e sulle quali verranno installati i nuovi aerogeneratori con relative piazzole e la sottostazione di collegamento.

ID WTG	Comune	Foglio	Particella	ha	aa	ca	Qualità Catastale
NU-01	Nule	8	49	17	83	39	PASCOLO
NU-02	Nule	9	166	9 16	47 30	77 10	PASCOLO SEMINATIVO
NU-03	Nule	9	81	15 1	37 54	24 24	SEMINATIVO PASCOLO
	Nule	9	84	2	48	43	SEMINATIVO
NU-04	Nule	10	88	10 0	39 28	39 62	PASCOLO PASCOLO ARBORATO
NU-05	Nule	10	74	5	56	99	SEMIN IRRIG
NU-06	Nule	10	78	3 9	0 36	0 0	SEMINATIVO PASCOLO
NU-07	Nule	10	140	4	64	30	SEMINATIVO
NU-08	Nule	10	131	18	79	63	PASCOLO ARBORATO
BE-01	Benetutti	24	16	1	97	74	PASCOLO ARBORATO
				25	94	48	SEMINATIVO
				1	68	9	PASCOLO
BE-02	Benetutti	24	40	4	36	85	PASCOLO
				---	20	90	PASCOLO ARBORATO
BE-02	Benetutti	24	41	1	34	82	PASCOLO
				6	16	74	PASCOLO ARBORATO
BE-03	Benetutti	24	34	3	7	6	PASCOLO
				10	6	79	PASCOLO ARBORATO
SSE-INNOGY	Buddusò	51	60	2	23	19	PASCOLO
SSE	Buddusò	51	7	2	58	00	PASCOLO
				00	12	00	PASCOLO ARBORATO



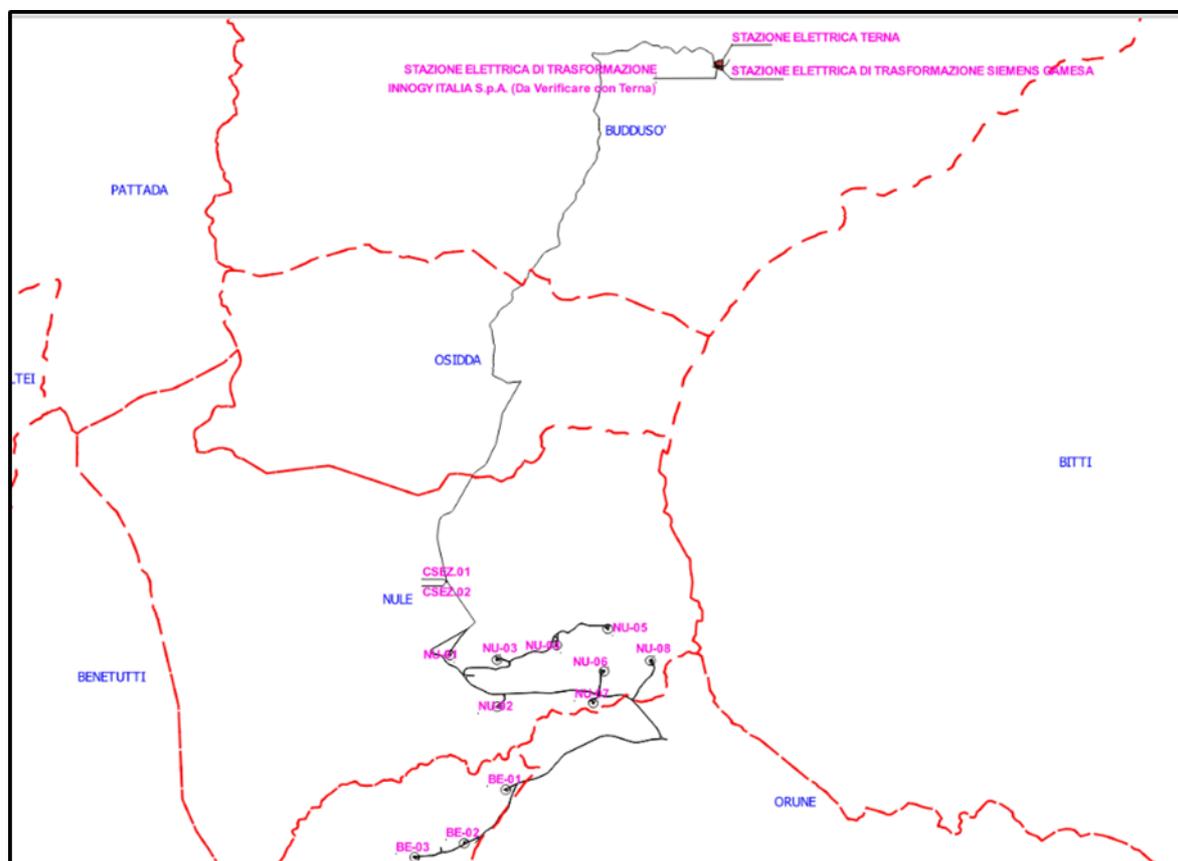
**Figura 1** geolocalizzazione satellitare dell'impianto rispetto i centri abitati di Nule e Benetutti

### 3.2 Descrizione generale

Il sito eolico di progetto è ubicato in agro ai Comuni di Nule e Benetutti, entrambi in provincia di Sassari, mentre la sottostazione insiste nel territorio di Buddusò, sempre in provincia di Sassari.

Delle precedenti aree urbanizzate l'unica nelle vicinanze dell'area di intervento, a circa 2,50 km di distanza minima, è l'abitato di Buddusò (SS), ove però sarà costruita soltanto la sottostazione di collegamento. Gli abitati di Nule (SS) e Benetutti (SS) presentano una distanza minima dall'impianto pari a 3,50 e 4,60 km rispettivamente.

Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 624 m.s.l.m ai 718 m.s.l.m., esso si trova a circa 4 km ad est degli abitati di Nule e Benetutti.



**Figura 2** Confini Comunali entro i quali sono localizzate le aree di impianto

L'area di sito è costituita da pascoli pietrosi con roccia affiorante, consociati ad una vegetazione naturale spontanea tipica della macchia mediterranea e della gariga Sarda, ma con un numero piuttosto limitato di specie.

**Geomorfologicamente** il sito non presenta criticità. Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico di collina, caratterizzato dalla presenza di un altopiano cosparso di incisioni torrentizie e piccoli rilievi tondeggianti. La vasta area di studio risulta caratterizzata da terreni coltivati, praterie e piccole macchie di arbusti, e la roccia caratteristica del luogo è spesso affiorante, il tutto ben rappresentato nella cartografia dell'uso del suolo della Regione Autonoma della Sardegna.

**Il reticolo idrografico** della zona in esame è influenzato dall'assetto strutturale e dalla litologia affiorante.

L'idrografia superficiale della zona è poco sviluppata: i bacini idrografici che alimentano i corpi idrici sono di modeste dimensioni e non sono presenti corsi d'acqua naturali.

Gli impluvi presenti nell'area circostante sono essenzialmente a carattere torrentizio legati principalmente alle piogge stagionali.

Complessivamente, le forti pendenze dei versanti non sono favorevoli alla ritenzione delle acque meteoriche: la circolazione idrica profonda è di modesta entità, e si riflette nello scarso numero di sorgenti in tutta l'area.

Per quanto riguarda l'aspetto **idrogeologico**, i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono

essenzialmente legati alle caratteristiche di permeabilità delle coltri (poco potenti nell'area di studio) e delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa. Nell'area in esame si può ipotizzare una permeabilità medio alta nelle coltri e una permeabilità da bassa a nulla nelle rocce di substrato. La profondità di falda si attesta intorno ai 50 m.

**Geologicamente** questa porzione di territorio è prettamente di origine metamorfiche associate al complesso granitoide del Goceano-Bittese.

Per cui, data la natura dei terreni non sussistono elementi che definiscono l'area geologicamente pericolosa.

**Sismicamente** ci troviamo in zone a bassissima sismicità, come d'altronde tutta la Sardegna e i mari circostanti. Il catalogo CPTI04 riporta solo due eventi di magnitudo  $\leq 5Mw$  (1924 e 1948).

Dai dati di letteratura e considerando che i litotipi presenti sono di tipo roccioso, ci si aspetta un Vs30 compreso tra 360 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, per cui, in questa fase si può ipotizzare un suolo di **categoria B**. Queste valutazioni dovranno essere confermate in fase di progetto esecutivo con una campagna sismica atta a definire al meglio il valore di Vs30 misurato e le caratteristiche sismiche dell'area in esame.

#### 4 L'IMPIANTO EOLICO

La centrale eolica è composta da aerogeneratori indipendenti, anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto.

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in quattro gruppi rispettivamente di 4, 3, 2 e 2 turbine, costituendo così n.4 distinti sottocampi e collegati alla sottostazione elettrica di smistamento. Nelle stesse sottostazioni 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.

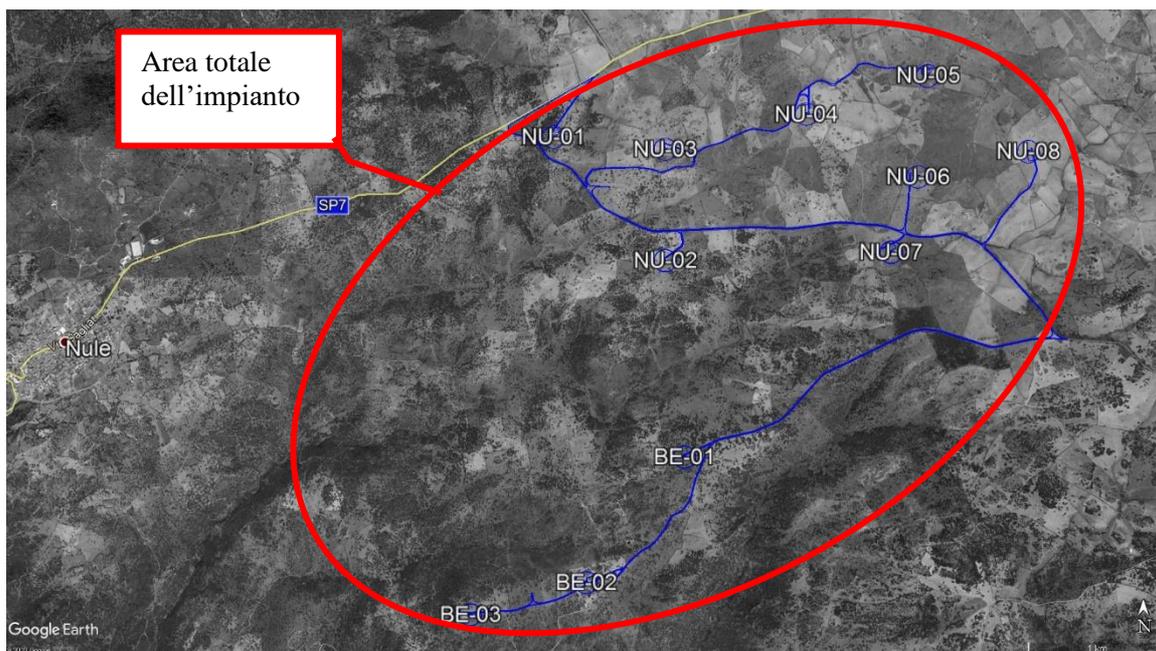
L'impianto Eolico sarà costituito da n°11 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima fino a 5,7 MW, corrispondenti ad una potenza massima di nuova installazione di 62.7 MW.

Le opere civili previste comprendono 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. Inoltre, sono altresì previste opere impiantistiche comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

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.

#### 4.1 Layout impianto

Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole collegate da una viabilità d'impianto. I dispositivi elettrici di trasformazione BT/MT degli aerogeneratori saranno alloggiati all'interno delle navicelle. Pertanto, non sono previste costruzioni di cabine di macchina alla base delle torri eoliche.



**Figura 3** Area d'impianto

Le quattro diverse linee MT che collegheranno gli aerogeneratori alla nuova SSE-Buddusò di TERNA, prevista dal Piano di Sviluppo di TERNA, saranno poi sezionate all'interno di due cabine di sezionamento le cui collocazioni sono previste lungo il percorso del cavidotto a nord dell'impianto e a circa metà strada tra l'area d'impianto e la sottostazione stessa. La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 150kV. Sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e la parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN.

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 sopraccitate, così pure gli impianti elettrici.

#### 4.2 Aerogeneratori

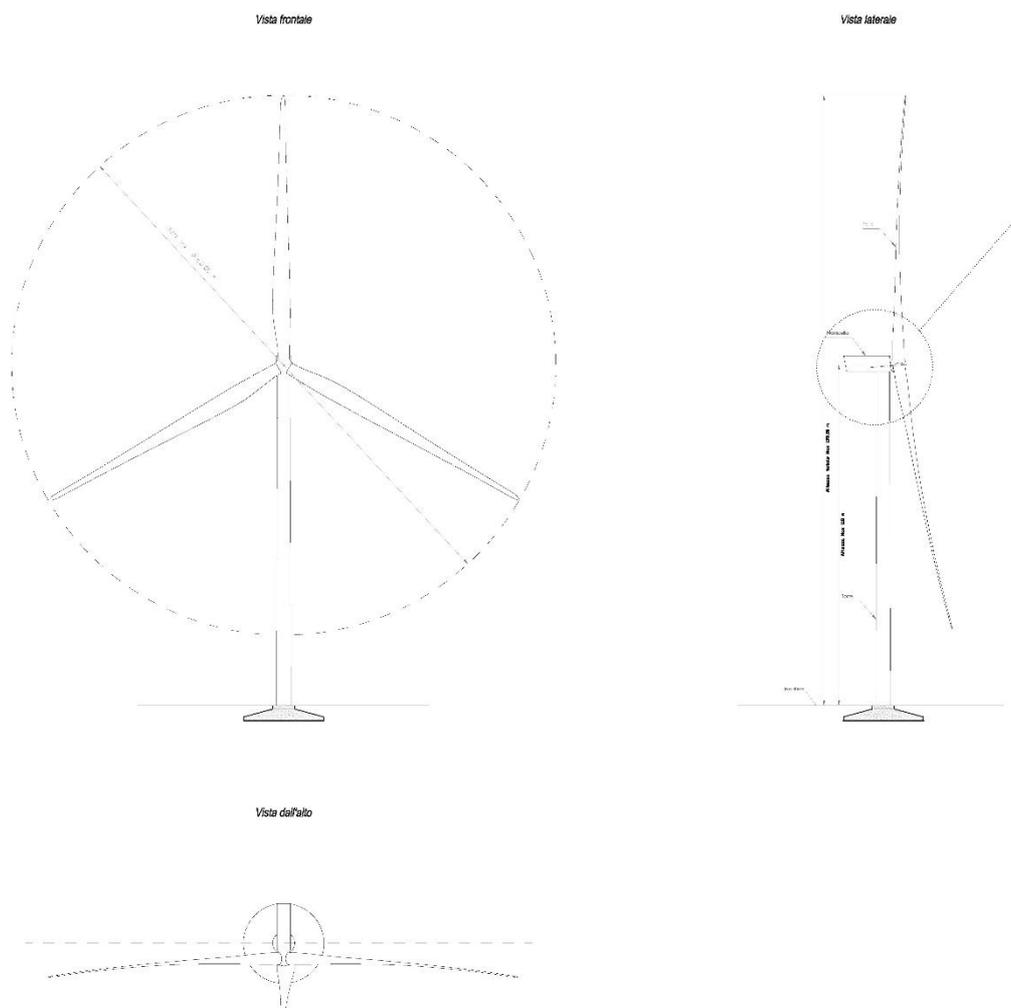
L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta dal vento per la produzione di energia elettrica.

La macchina con le sue dimensioni è rappresentata nell'elaborato "C19023S05-PD-EC-4: Tipico 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 il Nordex N163-5.7\_TS118-00, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 5700 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 163 m, posto sopravvento 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 al massimo pari a 118 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.



**Figura 4** Aerogeneratore

Alcune turbine, in genere quelle poste a più alta quota e quelle di inizio e fine tratto, saranno equipaggiate, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea consistente nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto avranno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione, secondo lo standard internazionale IEC 61400-24.

La turbina eolica scelta per il progetto entra in funzione a velocità del vento di circa 3 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 11 m/s. A velocità del vento superiori, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 20 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare il stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione in continua degli accumulatori, senza necessità di impiego di inverter. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati in modo che, se un qualunque componente del sistema frenante non funziona

correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi e più performanti aerogeneratori

La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate.

### 4.3 Potenza installata e producibilità

L'impianto, composto da 11 turbine, con potenza unitaria fino a 5.7 MW e per un totale di 62,7 MW, avrà una producibilità netta stimata pari a 178,6 GWh/y P50 a cui corrispondono 2.848 Ore Equivalenti. Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Valutazione risorsa eolica e analisi producibilità".

### 4.4 Analisi acustica

I ricettori monitorati ricadono nell'ambito del territorio amministrato dal Comune di Nule e Benetutti ai quali sono stati applicati i limiti imposti dall'art.6 comma 1 del D.P.C.M. 01/03/1991, visto che i due comuni non sono ancora dotati del proprio Piano di Classificazione Acustica:

CLASSE DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	PERIODO DI RIFERIMENTO	
	L <sub>eq</sub> diurno (H 06.00-22.00)	L <sub>eq</sub> notturno (H 22.00-06.00)
Tutto il territorio nazionale	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona A (D.M. 1444/68)	65 dB(A)	55 dB(A)
Zona B (D.M. 1444/68)	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona esclusivamente industriale	70 dB(A)	70 dB(A)

Il parco eolico ricade all'interno della zona Agricola E, pertanto rispecchia la definizione di "Tutto il territorio Nazionale". Come previsto dalla D.G.R. n.62/9 parte IV art.3 lettera e, rimanda al tecnico incaricato di formulare in questo caso delle ipotesi circa la futura classe acustica da assegnare all'area di studio. Nel caso specifico si suggerisce l'assegnazione della classe III, per i comuni di Nule e Benetutti, per la tipologia di aree. Si riporta la Tabella "C", allegata al D.P.C.M. 14/11/1997, che riporta i valori limite assoluti di immissione per le classi acustiche definite dallo stesso D.P.C.M.

Classi di destinazioni d'uso del territorio	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	50 dB	40 dB
II - Aree prevalentemente residenziali	55 dB	45 dB
<b>III - Aree di tipo misto</b>	<b>60 dB</b>	<b>50 dB</b>
IV - Aree di intensa attività umana	65 dB	55 dB
V - Aree prevalentemente industriali	70 dB	60 dB
VI - Aree esclusivamente industriali	70 dB	70 dB

Analogamente si riporta la tabella relativa ai limiti di emissione e cioè il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

Classi di destinazioni d'uso del territorio	DIURNO (6 ÷ 22)	NOTTURNO (22 ÷ 6)
I - Aree particolarmente protette	45 dB	35 dB
II - Aree prevalentemente residenziali	50 dB	40 dB
<b>III - Aree di tipo misto</b>	<b>55 dB</b>	<b>45 dB</b>
IV - Aree di intensa attività umana	60 dB	50 dB
V - Aree prevalentemente industriali	65 dB	55 dB
VI - Aree esclusivamente industriali	65 dB	65 dB

Al fine di valutare il clima acustico dell'area in esame e stabilire di conseguenza l'incremento di livello sonoro imputabile alle sorgenti connesse all'intervento da realizzare, sono state effettuate delle campagne di indagine fonometriche presso i ricettori individuati al fine di rilevare nel sito e nelle aree ad esso limitrofe il livello della rumorosità attuale definito come "...il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante". Un altro fattore importante da considerare è la componente "direzione predominante del vento" che incide particolarmente sulla distribuzione nello spazio del suono. Per individuare, tra tutti i ricettori presi in esame quelli da indagare, sono stati presi in esame alcuni parametri che hanno tenuto conto della destinazione d'uso del fabbricato, della possibilità di accesso al ricettore e della distanza dall'aerogeneratore prediligendo quelli ubicati entro i 600 m da esso. Da questa analisi sono stati individuati e scelti n. 3 ricettori, riportati nella tabella seguente:

RICETTORE N°	DESTINAZIONE D'USO	COORDINATE UTM		DATI RELATIVI AL RICETTORE				DISTANZA DALLA SORGENTE (metri)										
		Est	Nord	Comune	Foglio	Mappale	Cat. Catastale	NU-01	NU-02	NU-03	NU-04	NU-05	NU-06	NU-07	NU-08	BE-01	BE-02	BE-03
								>1000	418,5	605,5	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
NU-02	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole	520956.42	4480063.9	Nule	9	169	D/10	>1000	418,5	605,5	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
	Fabbricato Residenziale	519972.81	4479578.7	Nule	8	131	A/3	>1000	683,2	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
NU-05	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole	522950.55	4481509.8	Nule	10	121	D/10	>1000	>1000	>1000	915,2	591,9	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000

Il modello previsionale è stato predisposto secondo la Norma UNI/TS 11143-7, nel calcolo si fa riferimento alle

condizioni di potenziale massima criticità delle emissioni sonore dell'attività, le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si avranno quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente. All'impostazione definitiva di funzionamento degli aerogeneratori si è arrivati dopo l'applicazione del modello per la previsione del rumore in ambiente esterno CadnA Versione 4.4.145, © DataKustik GmbH, con il quale si è effettuata la valutazione previsionale del rumore immesso dal Parco eolico sui ricettori individuati e sull'area di calcolo considerata. La valutazione previsionale ha tenuto conto, oltre che del contributo di rumore immesso dai soli aerogeneratori sui ricettori, anche del clima acustico caratteristico delle aree interessate dalla presenza del Parco eolico, determinato sulla base dei rilievi fonometrici effettuati presso i ricettori individuati. Per rappresentare le caratteristiche di propagazione del rumore dagli aerogeneratori si è fatto riferimento alla Norma UNI/TS 11143-7 che al p.to 5.2.4 "Impostazione del modello matematico previsionale", suggerisce che "ai fini del calcolo di propagazione del rumore nell'area di influenza, ciascun aerogeneratore può essere rappresentato attraverso una sorgente puntuale omnidirezionale posta in corrispondenza del mozzo". Si riporta, nelle tabelle seguenti (tab.01 e tab.02), in sintesi il risultato della simulazione che ha preso in considerazione le condizioni potenzialmente più critiche per i ricettori presi in esame e che corrispondono ai seguenti parametri di funzionamento degli aerogeneratori:

- Modalità funzionamento aerogeneratore: Mode 0;
- Velocità VH del vento al mozzo: 10,3 m/s (7 m/s a 10 m) ;
- Massimo livello di potenza sonora LWA: 109,2 dB(A).

TEMPO DI RIFERIMENTO DIURNO (6.00-22.00)				
RICETTORE	residuo	sorgente	ambientale	Limiti art. 6 DPCM 01/03/1991
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
<b>169 R007</b>	50,4	47,0	<b>52,0</b>	
<b>121 R022</b>	47,9	46,0	<b>50,0</b>	70,0
<b>131</b>	50,3	42,3	<b>50,9</b>	

**Tab. 01:** risultati TR diurno

TEMPO DI RIFERIMENTO NOTTURNO (22.00-6.00)				
RICETTORE	residuo	sorgente	ambientale	Limiti art. 6 DPCM 01/03/1991
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
<b>169 R007</b>	48,4	47	<b>50,7</b>	
<b>121 R022</b>	47,5	45,8	<b>49,8</b>	60,0
<b>131</b>	46,3	42,2	<b>47,7</b>	

**Tab.02:** risultati TR notturno

Sulla base degli elementi progettuali, si è costruito lo scenario post-operam immettendo le opere previste dal progetto e le sorgenti fisse e mobili inerenti il cantiere. La realizzazione del parco eolico prevede le seguenti fasi lavorative:

- Allestimento Area di cantiere;
- Adeguamento viabilità interna e piazzole;
- Adeguamento Viabilità esterna;
- Realizzazione cavidotti e posa cavi;
- Realizzazione Fondazioni;
- Trasporto aerogeneratori;
- Montaggio aerogeneratori;
- SSE Utente;
- Ripristino ante operam viabilità esterna.

Per l'analisi dell'emissione sonora durante le fasi di lavoro sono state individuati diversi scenari possibili, date da sovrapposizioni di fasi lavorative secondo il cronoprogramma delle attività di cantiere, riportate di seguito:

- scenario 1: allestimento cantiere;
- scenario 2: Adeguamento viabilità interna e piazzole, Cavidotti e Cavi;
- scenario 3: Adeguamento viabilità interna e piazzole, Adeguamento viabilità esterna, Cavidotti e Cavi;
- scenario 4: Adeguamento viabilità interna e piazzole, Adeguamento viabilità esterna, Cavidotti e Cavi, Fondazioni, SSE utente;
- scenario 5: Adeguamento viabilità esterna, Cavidotti e Cavi, Fondazioni, SSE utente;
- scenario 6: Cavidotti e Cavi, Fondazioni, Trasporto aerogeneratori, Montaggio aerogeneratori, SSE utente;
- scenario 7: Ripristino ante operam viabilità esterna.

La verifica è stata effettuata per ognuno dei 7 scenari lavorativi precedentemente indicati. Per il calcolo si è considerato di valutare l'immissione sul ricettore 169 R007, il più esposto in quanto arealmente più vicino all'area di cantiere di realizzazione di uno degli aerogeneratori (NU-02). Lo studio della propagazione del rumore associato all'attività di cantiere, è stato effettuato con l'ausilio del software CadnaA. Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei risultati confrontati ai limiti di legge per ogni scenario di cantiere:

Ricettore 169 R007	Limiti art. 6 DPCM 01/03/1991	LAeq calcolato [dB(A)]	RISPETTO VALORE LIMITE SI/NO
Scenario lavorativo 1	70,0	45,5	SI
Scenario lavorativo 2		44,5	SI
Scenario lavorativo 3		49,5	SI
Scenario lavorativo 4		52,0	SI
Scenario lavorativo 5		53,0	SI
Scenario lavorativo 6		52,0	SI
Scenario lavorativo 7		43,5	SI

Per maggiori dettagli e per l'approfondimento sui risultati puntuali e sui ricettori analizzati si rimanda alla relazione di impatto acustico C19023S05-VA-RT-09-01.

#### 4.5 Lista anagrafica dei componenti l'impianto

- Aerogeneratore;
- Cavidotti interrati MT;
- Stazione di utenza;
- Stazione RTN.

#### 4.6 Descrizione tecnica dei componenti l'impianto

##### 4.6.1 Specifiche tecniche Aerogeneratori

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori Nordex N163-5.7\_TS118-00, scelti per il presente progetto

<b>GENERALI</b>	
Temperatura di funzionamento	-40 °C / +50 °C
Intervallo di temperatura operativa NCV	-20 °C / +40 °C
Intervallo di temperatura operativa CCV	-30 °C / +40 °C
Stop	Standard: -20 °C, restart -18 °C CCV: -30 °C, restart -28 °C
Max. altezza s.l.m.	2000 m
Cerificazioni	IEC 61400-1 e DIBt 2012
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	5700 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	Circa 11.0 m/s
Range velocità di funzionamento del rotore	Da 6.0 rpm a 11.8 rpm
Velocità nominale	Circa 10.4 rpm
Velocità vento di cut-in	3 m/s
Velocità vento di cut-out	20 m/s
Velocità vento di Cut-back-in	19.5 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni
<b>TORRE</b>	
Tipologia	TS118-00
Altezza all' Hub	118 m
Classe vento	DIBt S/ IEC S
Numero di sezioni	5
<b>ROTORE</b>	
Diametro rotore	163.0 m
Area spazzata	20867 m <sup>2</sup>
Potenza su superficie nominale	273 W/m <sup>2</sup>
Angolo di inclinazione dell'albero rotore	5.0°

“Cone angle” della pala	4.0°
<b>PALE DEL ROTORE</b>	
Materiale	Fibra di vetro e fibra di carbonio rinforzata
Lunghezza totale	79.7 m
<b>ALBERO ROTORE/CUSCINETTO ROTORE</b>	
Tipologia	Albero cavo forgiato
Materiali	42CrMo4 o 34CrNiMo6
Tipologia di cuscinetto	Cuscinetto a rulli sferici
Lubrificazione	Cadenziale con grasso lubrificante
<b>FRENO MECCANICO</b>	
Tipologia	Freno a disco attivo
Posizionamento	Sull'albero veloce
Numero pinze freni	1
Materiale delle pastiglie del freno	Pastiglie organiche
<b>GEARBOX</b>	
Tipologia	Ingranaggi planetari multi-stadi + stadio a ingranaggi cilindrici
Rapporto di trasmissione	50 Hz: i = 121.5 60 Hz: i = 145.8
Lubrificazione	Ad alimentazione forzata
Quantità d'olio incluso circuito di raffreddamento	Max. 650 l
Tipologia olio	VG 320
Temperatura max. olio	Circa 77° C
Cambio olio	Se richiesto
<b>IMPIANTO ELETTRICO</b>	
Potenza nominale PnG	5700 kW
Voltaggio nominale	3 x AC 750 V ± 10 % (sulla specifica del codice di rete)
Corrente nominale durante la piena immissione di corrente reattiva InG a SnG	4876 A
Potenza apparente nominale SnG a PnG	6334 kVA
Fattore di potenza a PnG	1.00 come impostazione predefinita 0.90 sottoeccitato (induttivo) 0.90 sovraeccitato (capacitivo)
Frequenza	50 / 60 Hz
Peso totale	Circa 9 t
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	750 V
Tensione nominale massima OV, dipendente dalla rete MT, Ur	20 kV / 30 kV / 34 kV
Prese lato sovratensione	20 kV and 30 kV: + 4 x 2,5 % 34 kV: + 4 x 0,5 kV
Tensione di rete OV	20; 20,5; 21; 21,5; 22 kV 30; 30,75; 31,5; 32,25; 33 kV 34; 34,5; 35; 35,5; 36 kV
Frequenza nominale fr	50/60 Hz
Collegamento delle fasi	Dy5
Altitudine di installazione (slm)	2000 m
Potenza nominale apparente Sr	6350 kVA
Tensione di impedenza uz	8 bis tolleranza 9 % ± 10 %
Indice minimo di efficienza di picco, η	99,571 %
Corrente di attivazione	≤ 5,5 x IN

Perdita di Potenza: Perdite inattive Perdite di cortocircuito	3000 W 70000 W
<b>QUADRO MT</b>	
Tensione nominale (dipendente dalla rete MT)	24, 36 o 40.5 kV
Corrente nominale	630 A
Durata nominale di corto circuito	1 s
Corrente nominale di corto circuito	24 kV: 16 kA 36/40.5 kV: 20 kA
Temperatura ambiente minima e massima durante il funzionamento	NCV: -25 °C a +40 °C CCV: -30 °C a +40 °C
Tipologia di connessione	Cono esterno tipo C secondo EN 50181
<b>Interruttore</b>	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E2
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Commutazione di correnti capacitive	Min. C1 - low
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E3
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E3
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione meccanica	M0
<b>Interruttore di terra</b>	
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente nominale da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	≥ 1000
<b>GENERATORE</b>	
Grado di protezione	IP 54 (scatola anello di contatto IP 23)
Voltaggio nominale	750 V
Frequenza	50 e 60 Hz
Intervallo di velocità	50 Hz: 650 to 1500 rpm 60 Hz: 780 to 1800 rpm
Poli	6
Peso	Circa 10.6 t
<b>RAFFREDDAMENTO</b>	
<b>Gearbox</b>	
Tipo	1 ° circuito di raffreddamento: circuito dell'olio con scambiatore di calore olio / acqua e bypass termico
Filtro	Filtro a maglia grossa 50 µm / filtro fine 10 µm / filtro ultrafine <5 µm
<b>Scatola Generatore e Convertitore</b>	
Tipo	Circuito idrico con scambiatore di calore acqua / aria e bypass termico
Portata	Circa 160 l/min
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
<b>TRASFORMATORE</b>	
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
1 ° circuito di raffreddamento	Circuito esterno con scambiatore di calore esterno/acqua

	REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI  <b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	 INGGNERIA & INNOVAZIONE		
		23/07/2020	REV: 1	Pag.23

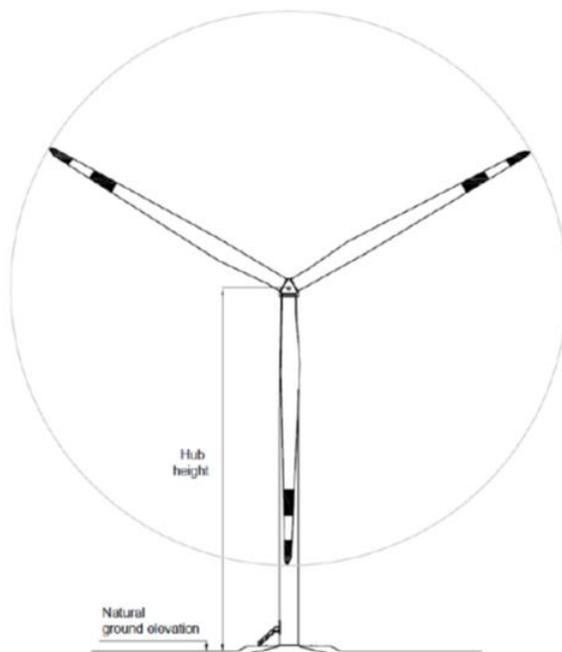
2° circuito di raffreddamento	Acqua/aria
<b>SISTEMA DI PASSO</b>	
Cuscinetto del passo	Cuscinetto a contatto a quattro punti e doppia fila
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Controllo del passo	Motori elettrici incl. freno planetario a molla e ingranaggio planetario multistadio
Alimentazione d'emergenza	Batterie
<b>SISTEMA DI IMBARDATA</b>	
Cuscinetto di imbardata	Cuscinetto a contatto a quattro punti e doppia fila
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Controllo di imbardata	Motori elettrici incl. freno planetario a molla e ingranaggio planetario a quattro stadi
Numero di motori	6
Velocità di imbardata	Circa 0.5°/s
<b>AUTOMAZIONE</b>	
Sistema bus di campo	Profinet
Sicurezza sistema bus di campo	Profisafe di Profinet
Controllo dell'impianto	Profinet controllo impianto
Sistema di sicurezza controllo	Sistema sicurezza controllo integrato

<b>PESI APPROSSIMATIVI DELLE COMPONENTI L'AEROGENERATORE</b>	
<b>Peso della navicella senza trasmissione (drive train)</b>	69.0 t
<b>Peso della sola trasmissione (drive train)</b>	71.6 t
<b>Peso del mozzo (inclusi i cuscinetti delle pale)</b>	66.7 t
<b>Peso della pala (ognuna)</b>	25.25 t
<b>Peso massimo della sezione di torre</b>	Sezione singola in acciaio max: 80.0 t

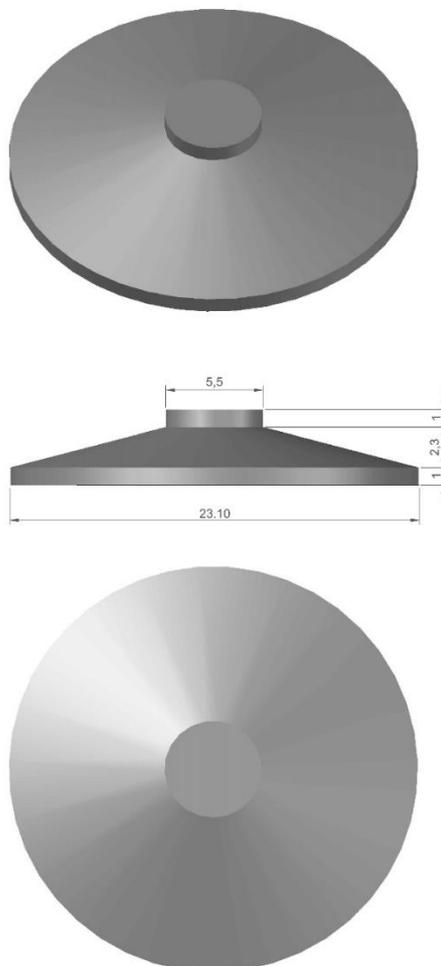
Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C19-023-S05





La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in cemento armato di tipo diretto che verrà dimensionata sulla base degli studi geologici e dell'analisi dei carichi trasmessi dalla torre.



Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione saranno eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette.

Le massime sollecitazioni sul terreno saranno calcolate con riferimento ai valori nominali delle azioni. Il piano di posa delle fondazioni sarà ad una profondità tale da non ricadere in zona ove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

#### **4.6.2 Sistemi elettrici e di controllo interni**

All'interno di ciascuna torre, in apposito spazio, saranno ubicati i seguenti impianti:

- quadro di automazione della turbina;
- trasformatore elevatore BT/MT con isolamento in resina;
- quadro di media tensione;
- sistema di sicurezza e controllo.

Il quadro di controllo assicura l'arresto del sistema in caso di anomalie dell'impianto, di incendio, di eccessiva velocità

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1129 253 1252 295">23/07/2020</td> <td data-bbox="1252 253 1364 295">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 253 1492 295">Pag.26</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.26
23/07/2020	REV: 1	Pag.26			

del vento, etc. Il controllo si realizza mediante apparati che misurano la tensione, l'intensità e la frequenza della corrente, il fattore di potenza, la tensione e il valore della potenza attiva e reattiva, nonché dell'energia prodotta o assorbita.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore in bassa tensione viene trasformata a 30 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

#### **4.6.3 Sistemi elettrici e di controllo esterni**

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica 150/30 kV, per la consegna sulla rete fisica di TERNA, tramite linee interrato che saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente, mentre il destinatario commerciale dell'energia sarà il GSE

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato ad una profondità minima di 1,1 m. Tutto il cavidotto sarà realizzato il più possibile aderente ai tracciati stradali esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

#### **4.6.4 Descrizione dei componenti principali**

All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,75 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

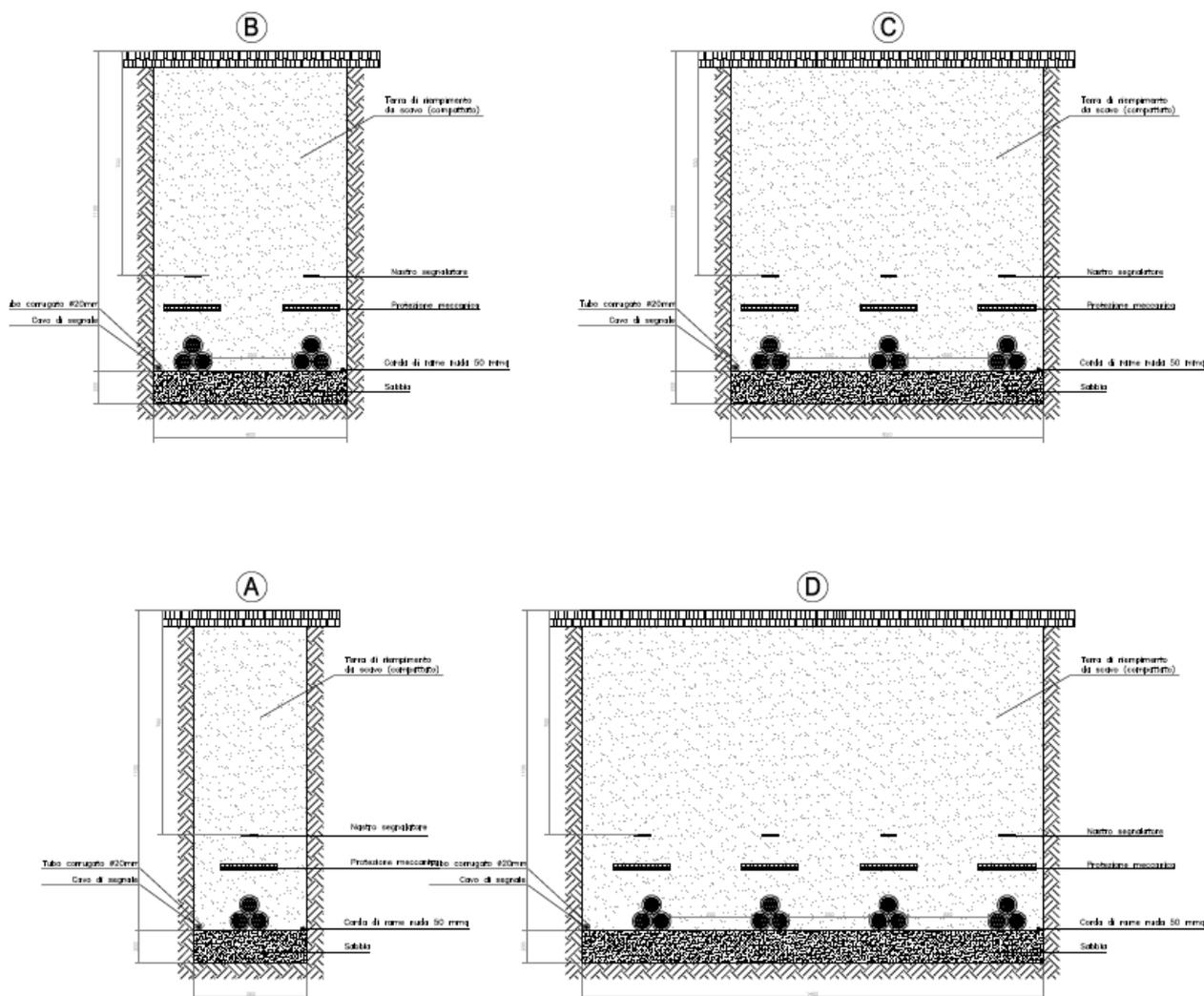
- l'arrivo del cavo BT (0,75 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/MT (0,75/30 kV);
- la cella MT (30 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la cabina di raccolta.

I quadri all'interno dell'aerogeneratore comprenderanno le seguenti apparecchiature:

- un quadro MT 30 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/MT e uno o due scomparti, a seconda della posizione della macchina nel radiale di collegamento alla stazione utente, per l'arrivo e la partenza dai quadri delle altre macchine del radiale;
- un quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- un quadro BT di alimentazione del sistema di controllo e di emergenza.

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi, con conduttore in alluminio, che verranno posati ad una profondità di circa 1,1 m con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che per una terna avrà una larghezza di 35 cm, con due terne avrà una larghezza di 60 cm, 95 cm con tre terne, mentre dove sarà necessario posarne quattro, dovrà avere una larghezza pari a 1,4 m.



Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra. Le macchine saranno suddivise in quattro sottocampi composti rispettivamente da quattro, tre, due, due macchine, a seconda della viabilità esistente, collegate tra loro attraverso uno degli scomparti di media tensione della macchina più vicina al punto di raccolta. Da tale punto partiranno i collegamenti alla stazione utente MT/AT per la successiva connessione alla RTN.

#### 4.6.5 Stazione di trasformazione utente - Buddusò

La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dal parco eolico e la eleva alla tensione di 150kV. La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno delle cabine di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. Le cabine di stazione sono costituiti dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dagli aerogeneratori, dagli scomparti per alimentare il trasformatore

BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dagli scomparti MT per il collegamento ai trasformatori MT/AT, necessari per il collegamento RTN. La sezione di alta tensione della stazione utente è costituita da un sistema a singola terna di sbarre con due stalli trasformatore AT/MT.

#### 4.6.6 Impianto di rete per la connessione della SSEU-Buddusò

Lo stallo di trasformazione “utente” verrà connesso alla rete elettrica nazionale mediante la Cabina Primaria TERNA in AT a 150 kV.

Per quanto concerne le specifiche tecniche dei cavidotti interrati MT ed AT, la stazione di utenza e le stazioni RTN si rimanda ai seguenti elaborati:

“Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici”

#### 4.7 Schemi di funzionamento dei componenti dell’impianto

La centrale e tutti i suoi componenti, primi tra tutti gli aerogeneratori, sono progettati per un esercizio completamente automatico dell’impianto senza la necessità di una sorveglianza locale.

Vengono qui riassunti i principali aspetti del funzionamento della centrale eolica soffermando l’attenzione sulle funzioni di controllo, regolazione e supervisione svolte dalle apparecchiature e componenti cui tali funzioni sono delegate.

Ciascuna macchina è equipaggiata con un suo sistema di controllo e supervisione che rende possibile l’esercizio in automatico della macchina se non intervengono, dall’interno della stessa, segnalazioni di anomalia.

In ogni istante, se tutti i parametri di controllo sono nei limiti predefiniti di funzionamento, l’aerogeneratore può avviarsi automaticamente, ad esempio quando le condizioni di vento consentono di produrre energia, si mantiene in esercizio regolando quando necessario la potenza erogata attraverso il controllo del passo, oppure può comandare la cessazione della produzione in caso di vento troppo elevato, rientrando automaticamente in servizio appena le condizioni tornano sotto le soglie previste per il regolare funzionamento.

Una rilevante quantità di sensori riporta al supervisore di macchina lo stato dei principali organi e in base a questa informazione il supervisore fornisce il consenso al controllore per la regolazione del funzionamento.

Nel caso si presenti un evento riconosciuto dal supervisore come anomalo, ad esempio una sovratemperatura, una vibrazione anomala, una pressione eccessiva o insufficiente nei circuiti idraulici, per citare alcune situazioni molto comuni, viene inviato un segnale al controllo che provvede immediatamente a mettere fuori esercizio l’aerogeneratore, ponendolo nelle condizioni di sicurezza previste.

Poiché sono numerose le cause che possono indurre una situazione di guasto, in cui una o più macchine possono non funzionare correttamente, oppure altri componenti della centrale possono subire guasti o malfunzionamenti, è previsto che la parte di impianto non interessata da guasti non subisca arresti e nello stesso tempo è previsto che debba essere segnalato ad un posto di sorveglianza remoto la necessità di un intervento per ripristinare il funzionamento.

Perciò la centrale è equipaggiata con un sistema di supervisione esterno a ciascuno dei componenti, avente il compito di effettuare un monitoraggio continuo di ciascuna parte sorvegliata.

## 5 INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

### 5.1 Inquadramento geologico generale

Si riporta quanto indicato nella parte introduttiva della Relazione Geologica.

Il basamento metamorfico sardo è un segmento della catena ercinica europea, separatosi dall'Europa solo nel Miocene inferiore (Burdigaliano).

La geometria della catena ercinica pre-mesozoica è caratterizzata da una cintura orogenica arcuata che dalla Spagna giunge al Massiccio centrale francese (arco iberico-armoricano).

L'orogenesi ercinica ha interessato tutto il basamento della Sardegna con intense deformazioni, con un metamorfismo sincinemico e un importante magmatismo post-collisionale.

Il basamento sardo è caratterizzato da falde vergenti verso SW interposte tra il complesso metamorfico prevalentemente in facies anfibolitica della Sardegna settentrionale e una zona esterna a thrust e pieghe intensamente deformata, che affiora nella parte SW dell'Isola.

Falde cristalline interne del Massiccio Centrale, affiorano nella Sardegna settentrionale lungo la linea Posada-Asinara, che separa il complesso migmatitico ercinico dal complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica.

La linea Posada-Asinara rappresenta una paleo-sutura oceanica di due placche saldate assieme durante l'orogenesi ercinica costituite da crosta dell'Armorica rappresentata dal complesso migmatitico e da coperture del margine continentale di Gondwana, impilate nella zona a falde della catena (Cappelli et al. 1992 e Carmignani et al. 1994).

La geometria collisionale della catena ercinica in Sardegna è caratterizzata dal complesso migmatitico che affiora nella Sardegna NE e in Corsica che sovrascorre il complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica e dal complesso metamorfico in facies degli scisti verdi e anchimetamorfico che affiorano nella Sardegna centrale e centro-orientale, a loro volta caratterizzati da numerose unità tettoniche impilate una sull'altra e separate da importanti zone di taglio milonitiche (Casini et al., 2010).

Nella Sardegna centro-settentrionale, è molto ben espressa una tettonica trascorrente terziaria di età oligo-aquitana (Carmignani et al., 1992a; 1994a; Oggiano et al., 1995; 2009; Pasci, 1997; Pasci et al., 1998), dove sono presenti estesi lineamenti morfo-strutturali ben distinguibili. Questi lineamenti interessano sia il basamento paleozoico, rappresentato da metamorfiti di basso e medio grado e rocce granitoidi, che le sue coperture mesozoiche (costituite da una potente successione carbonatica di età giurassico-cretacica) e cenozoiche (principalmente depositi clastici e rocce vulcaniche).

Tutta l'area centro-settentrionale è interessata da due principali sistemi di faglie trascorrenti, ai quali localmente si associano strutture transpressive, con sovrascorrimenti del basamento paleozoico sulla copertura post-ercinica e bacini transtensivi.

Il primo sistema, più sviluppato, è orientato NE-SW (faglie di Nuoro, Tavolara, Olbia e quelle della Gallura) ed è caratterizzato da rigetti trascorrenti sinistri; mentre l'altro, con direzione circa E-W, è contraddistinto da movimenti trascorrenti destri (faglie di Trinità d'Agultu, Posada, Cedrino, ecc.). L'entità dei rigetti orizzontali delle faglie maggiori è plurichilometrica, mentre i rigetti verticali, subordinati rispetto a quelli trascorrenti, raggiungono alcune centinaia di metri.

Alle stesse zone di taglio trascorrenti NE-SW sono spesso associate anche strutture transtensive rappresentate da bacini di pull apart (Bacino di Ottana, Chilivani-Berchidda, Benetutti, ecc.), riempiti da prodotti vulcano-sedimentari sintettonici di età compresa tra l'Oligocene medio-superiore e l'Aquitaniense. Questi bacini si sviluppano lungo i releasing bend. (Fig.3b). A questi bacini ed alle faglie che li strutturano sembrano essere correlate le effusioni vulcaniche oligo-mioceniche.

Il limite cronologico superiore per l'attività delle faglie trascorrenti è dato dallo sviluppo delle fosse estensionali del Burdigaliano superiore che le intercettano e dai loro depositi trasgressivi che le suturano.

## 5.2 Fondazione Aerogeneratore

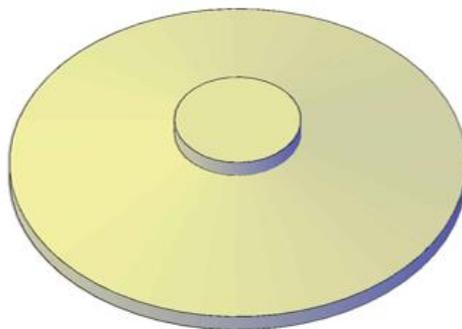
Il dimensionamento della fondazione di ogni aerogeneratore sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

Il dimensionamento effettuato in questa fase tiene conto del modello di aerogeneratore, scelto dalla committenza, con diametro rotore pari a 163 m e altezza al mozzo pari a 118 m, con relativa aria spazzata pari a 20.867 mq.

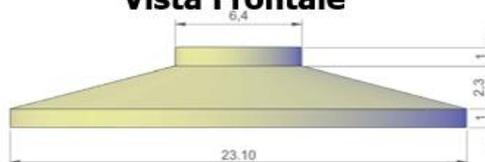
Inoltre in tale fase si prevede la realizzazione di opere di fondazione del tipo dirette in relazione alla stratigrafia locale del terreno.

La fondazione diretta avrà una forma troncoconica con diametro alla base pari a 23,10 m e un'altezza complessiva di 4,30 m. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia metallica di forma cilindrica per l'ancoraggio della torre.

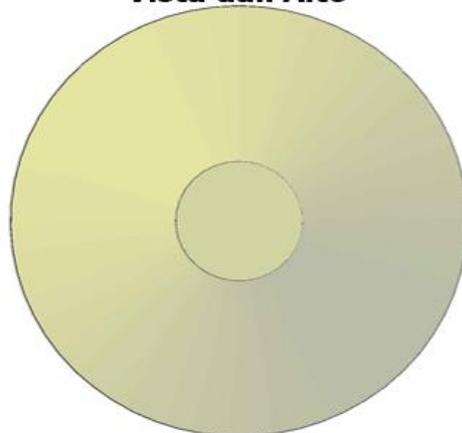
**Vista Anteriore**



**Vista Frontale**



**Vista dall'Alto**



**Figura 5** Tipologia di fondazione studiata per l'aerogeneratore ed il sito in progetto

Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra e successivamente, alla fine della realizzazione della fondazione, si provvederà al rinterro della stessa.

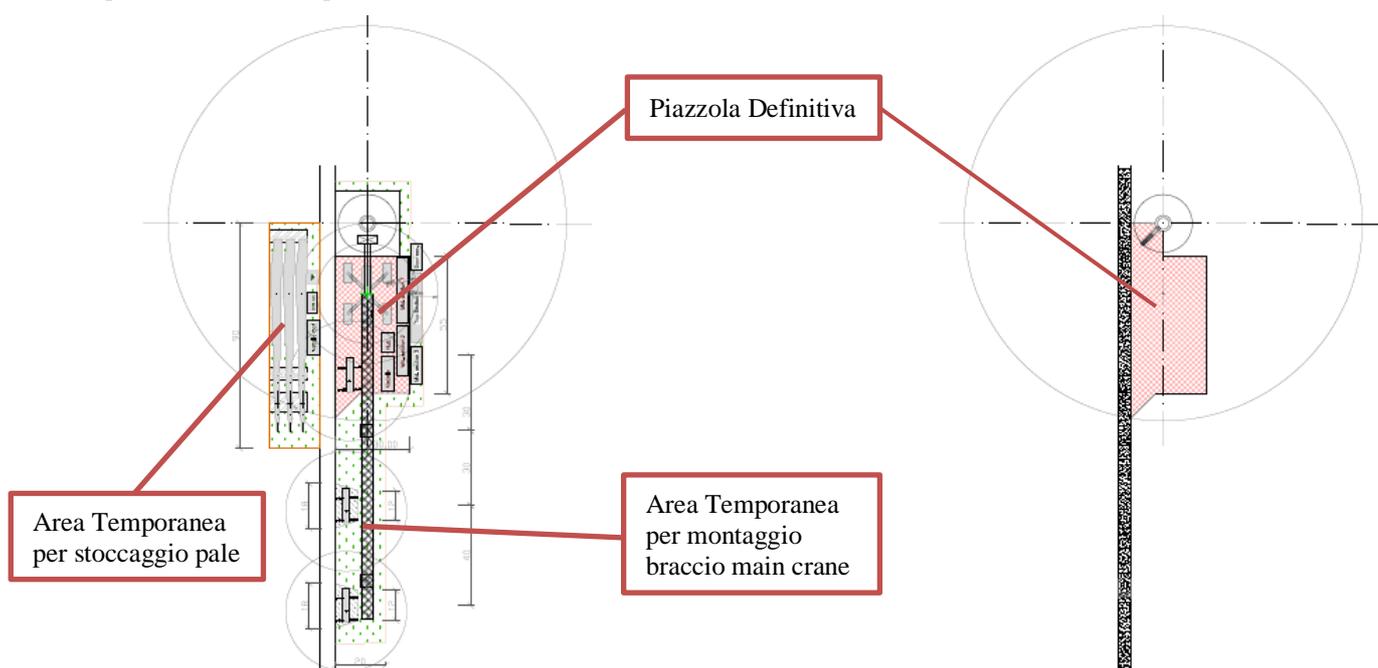
### 5.3 Piazzole aerogeneratori

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporci, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una superficie di circa 55x40 m per quanto riguarda l'area della piazzola definitiva che servirà allo stoccaggio delle componenti la navicella e i conci di torre in attesa di essere montate oltre agli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e dei carichi. Invece per quanto riguarda le aree temporanee, necessarie solo per il tempo sufficiente al montaggio della macchina, saranno predisposte un'area

temporanea di circa 20x90 m, subito adiacente a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale e una di circa 130x20 m, a prolungamento di quella definitiva, per il montaggio del braccio della gru (main crane) le quali prevedono uno scotico superficiale e un livellamento solo se necessario.

A montaggio ultimato queste aree, ad eccezione della piazzola definitiva, verranno riportate allo stato ante operam prevedendo il riporto di terreno vegetale per favorire la crescita di vegetazione spontanea.

Verrà invece mantenuta la piazzola definitiva, per la quale bisognerà provvedere a tenerla sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione delle macchine.



**Figura 6** Piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio (a sinistra) e a conclusione delle lavorazioni (destra)

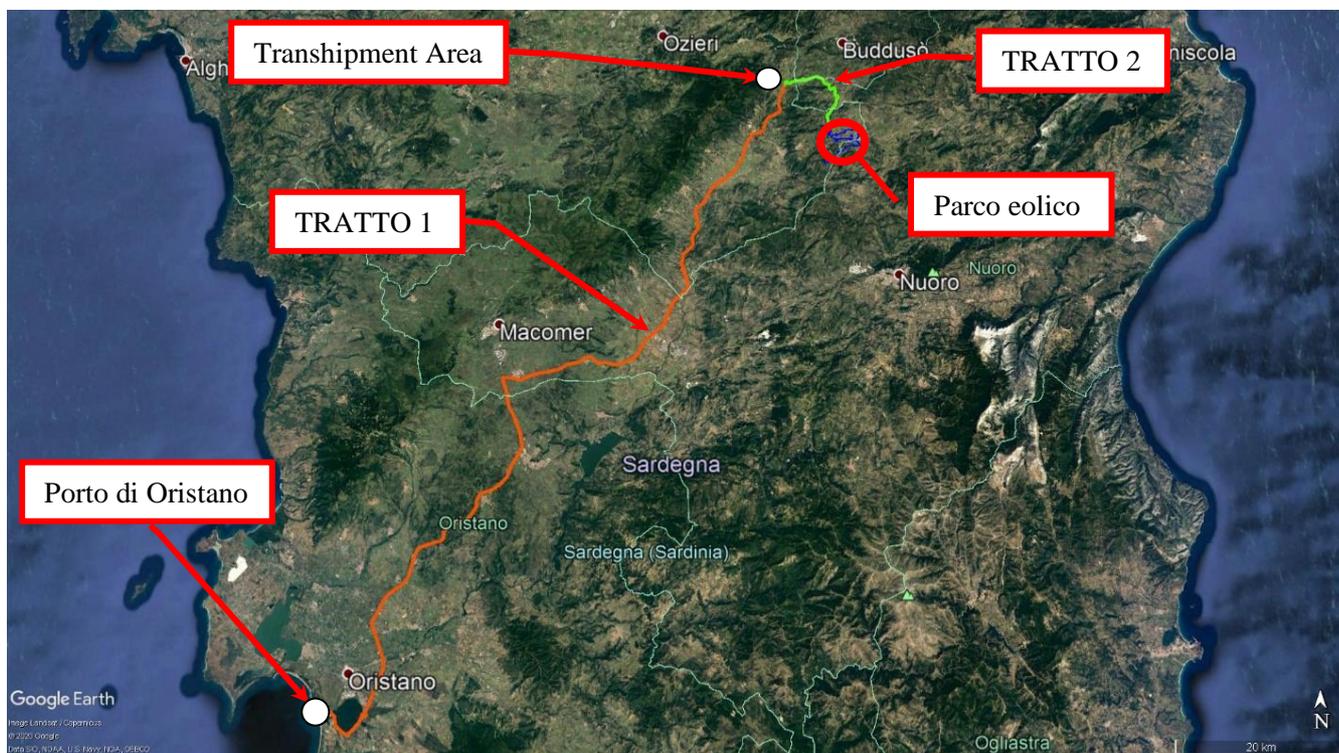
## 5.4 Strade di accesso e viabilità di servizio

### 5.4.1 Viabilità di accesso al Sito

Come dettagliatamente descritto nel documento “C19023S05-PD-RT-03: Relazione viabilità accesso cantiere”, si sono individuati i percorsi esterni più adatti per il raggiungimento del sito da parte dei mezzi che dovranno trasportare le componenti degli aerogeneratori. Queste ultime arriveranno in Sardegna via nave, presumibilmente al porto di Oristano. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro ai Comuni di Nule e Benetutti, con trasporto gommato. I mezzi utilizzati a tale scopo saranno di tipo eccezionale e quindi di considerevoli dimensioni. Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, si è deciso di suddividere l'intero percorso, dal porto fino al raggiungimento dell'ingresso al sito, in due parti:

1. TRATTO 1 – dal Porto di Oristano fino alla Transshipment Area attraverso, in ordine di percorrenza, le SP97, SP49, SS131/E25, SP33, SP10m;
2. TRATTO 2 – dalla Transshipment Area fino all'ingresso del sito attraverso, in ordine di percorrenza, le SP32,

SP107, SP15, SP15bis, SP7;



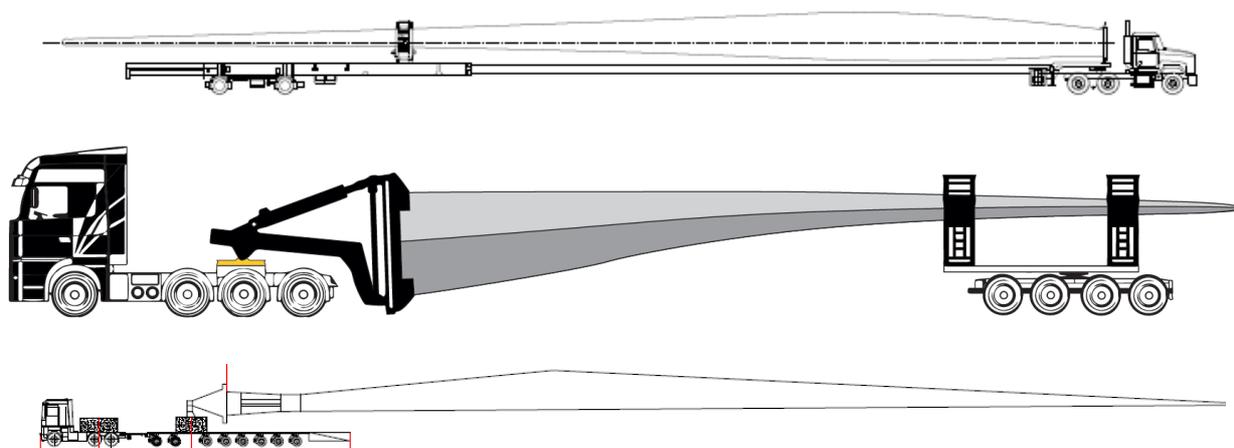
**Figura 7** Inquadramento viabilità dal porto di Augusta a Borgo Rizza

La prima parte di viabilità, caratterizzata da ampi raggi di curvatura e spazi necessari alle varie manovre di cambio direzione con una sufficiente larghezza della carreggiata, potrà essere percorsa con mezzi a carrelli ribassati così da poter superare senza particolari difficoltà eventuali ostacoli che necessitano di mezzi con altezze regolamentari, come ad esempio il sottopassaggio di ponti stradali, ma di contro caratterizzati da notevoli dimensioni in lunghezza. La seconda parte di viabilità invece è caratterizzata da punti con raggi di curvatura risicati e pochi spazi di manovra. Considerando l'elevato numero di adeguamenti che si sarebbero resi necessari nel caso in cui si fosse deciso di continuare questo percorso con i mezzi utilizzati già per la precedente parte di viabilità, si è optato per mezzi con carrelli modulari. Il vantaggio di questi sta nel necessitare, a parità di componenti trasportate, di minori raggi di curvatura e spazi di manovra, di contro raggiungono altezze maggiori che spesso necessitano dell'eliminazione di eventuali ostacoli che attraversano il percorso per poter passare, come ad esempio le linee elettriche aeree.

Le scelte sulla viabilità sono state dettate soprattutto dalle componenti che presentano le maggiori difficoltà nel trasporto: le pale. Infatti nel primo tratto di viabilità, proprio per le sue caratteristiche, si opererà per il trasporto fisso in orizzontale con i sistemi "SWC" ("Super Wing Carrier") o "RBTS" ("Rotor Blade Transport System" o più conosciuto come "DOLL System), nel secondo tratto si utilizzerà invece il sistema carrello con "Blade Lifter Trailer", un sistema di aggancio e sollevamento che permette l'innalzamento della pala per il trasporto in verticale diminuendo sensibilmente l'ingombro orizzontale permettendo l'ingresso in curve con raggi di curvatura quasi comparabili a mezzi di trasporto convenzionali.

Quest'ultimo sistema di trasporto ha di contro l'essere estremamente lento e instabile in quanto tutto il carico scarica su un unico punto di ancoraggio. inoltre il trasporto, a causa della natura stessa dell'elemento trasportato, deve avvenire in condizioni di assenza o quasi di vento e, proprio perché il carico in curva viene sollevato di diverse decine di metri, non ci deve essere presenza di ostacoli aerei che attraversano la carreggiata.

Naturalmente, visto l'utilizzo di mezzi diversi per percorrere le due tratte, è necessario prevedere una "Transshipment Area" (fig. 7). Questa è un'apposita area, di trasbordo appunto, in cui approdano i mezzi a carrellone ribassato che hanno già percorso la prima tratta e dai quali verranno scaricate le componenti e caricate sui mezzi a carrellone modulare che da qui inizieranno la seconda tratta fino al raggiungimento del sito.



**Figura 8** Sistemi di trasporto pale: SWC (sopra), RTBS o Doll System (al centro), Blade Lifter Trailer (sotto)



**Figura 9** Esempi di Blade lifter trailer

Sia sul primo tratto sia sul secondo tratto verranno apportate alcuni interventi per permettere il passaggio dei mezzi in tutta sicurezza. Questi interventi, per la maggior parte di lieve entità, sono stati classificati secondo gradi di difficoltà come riportato nella seguente tabella:

class	catogory	description
1	easier route section	<b>Minor modifications necessary</b> , like e.g. removing road signs or arranging a parking restriction.
2	moderate route section	<b>Modifications necessary</b> , like e.g. removing signs, fixing a traffic refuge or pedestrian path, covering with steel plates or concrete and some smaller road constructions / modifications
3	complex route section	<b>Large modifications necessary</b> , like e.g. removing crash barriers, reconstruction of roundabouts, establishment of turn funnels, road enlargements, turning maneuver in general, private and undeveloped properties are affected, traffic lights and street lamps must be removed, considerable long term construction site with a high licensing effort by private and Public Authority.
4	difficult route section	<b>Passage is doubtful</b> , some additional investigations are necessary (e.g. expertise, swept path analysis, simulations or dummy runs)

La classificazione prevede misure di intervento con quattro diversi gradi di difficoltà: dalle più semplici, classi 1 e 2, riguardanti rispettivamente interventi di tipo moderato come adeguamenti stradali leggeri, eliminazione di segnaletica stradale verticale e di siepi e regolamentazione del traffico, alle più complesse, classi 3 e 4, che contemplano interventi più invasivi e pesanti come la rimozione di guard rail, ricostruzione di rotatorie, ampliamenti stradali, manovre complesse di svolta, interessamento di proprietà private e autorità pubbliche fino a dover effettuare ulteriori studi specialistici e delle vere e proprie simulazioni di passaggio.

Per un maggiore dettaglio si rimanda all’elaborato “20200303\_Transport\_route\_survey\_report\_Nule” e “C19023S05-PD-RT-03\_Relazione viabilità accesso cantiere”

#### 5.4.2 Viabilità di Servizio

All'interno del sito è già presente una rete di viabilità a servizio dei fondi agricoli presenti. Essa sarà adeguata alle nuove necessità solo dove necessario ne verrà creata di nuova e utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere sia nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio.

Nella definizione del layout del nuovo impianto, quindi, è stata sfruttata la viabilità esistente sul sito (strade comunali, provinciali e vicinali, carrarecce, sterrate, piste, sentieri, ecc.), onde contenere gli interventi. Inoltre, in fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato in particolar modo il deflusso delle acque onde evitare innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità e turbamento del regime delle acque.

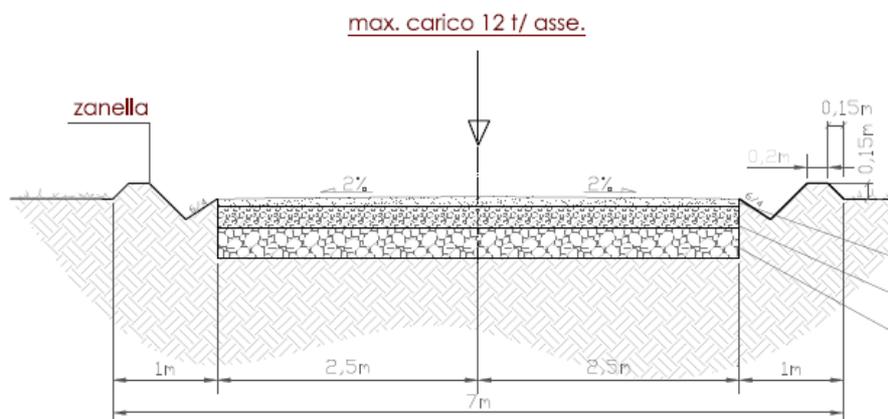
Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 15.967,00 m di cui oggetto di intervento circa 12.961,00 m, a loro volta suddivisi in 8.377,00 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 4.584,00 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 62.7 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 4.584 m di nuove strade sterrate pari a circa il 28% di tutta la viabilità presente. Queste ultime, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del territorio evitando eccessive opere di scavo e riporto.

La carreggiata avrà un'ampiezza di circa 5,00 m per il rettifilo, mentre si arriverà ai 6,00 m circa per curve tra i 10° ed i 50° fino ad arrivare ai 9,00 per curve sopra i 50° considerando un raggio di curvatura interno di circa 45,00/50,00 m.

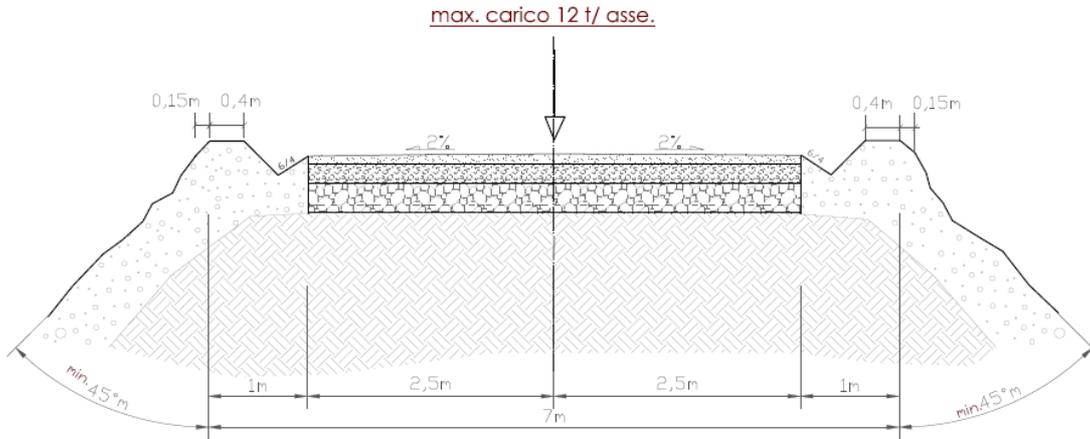
Le pendenze raggiungibili dagli assi stradali saranno del 10% circa in condizioni non legate, del 12-14% con accorgimenti (asfalto o cemento) mentre per pendenze maggiori si dovrà ricorrere al traino ed in ogni caso bisognerà valutare in accordo con il trasportista.

La sezione stradale sarà realizzata in massciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm. Il carico assiale sul piano stradale dovrà essere di circa 12 t/asse.

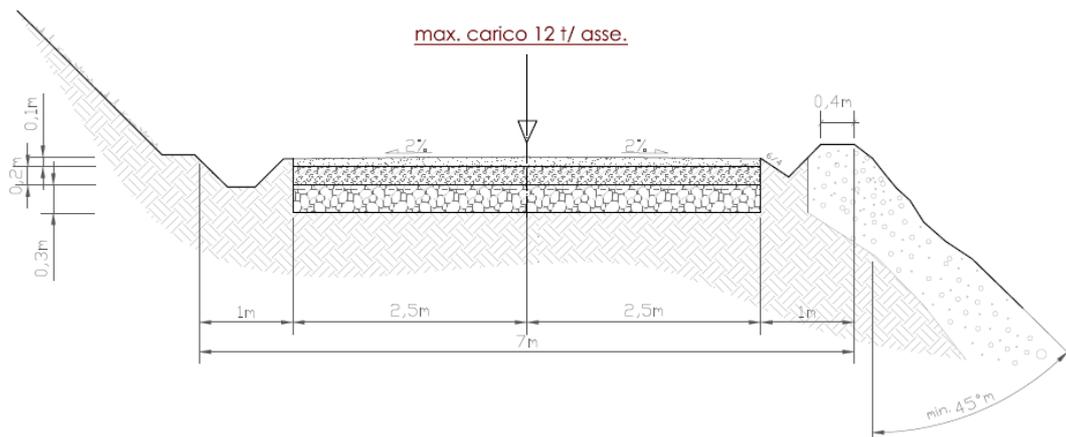
Si riportano di seguito le sezioni tipo adottate per la viabilità, rinviando gli approfondimenti allo specifico elaborato grafico:



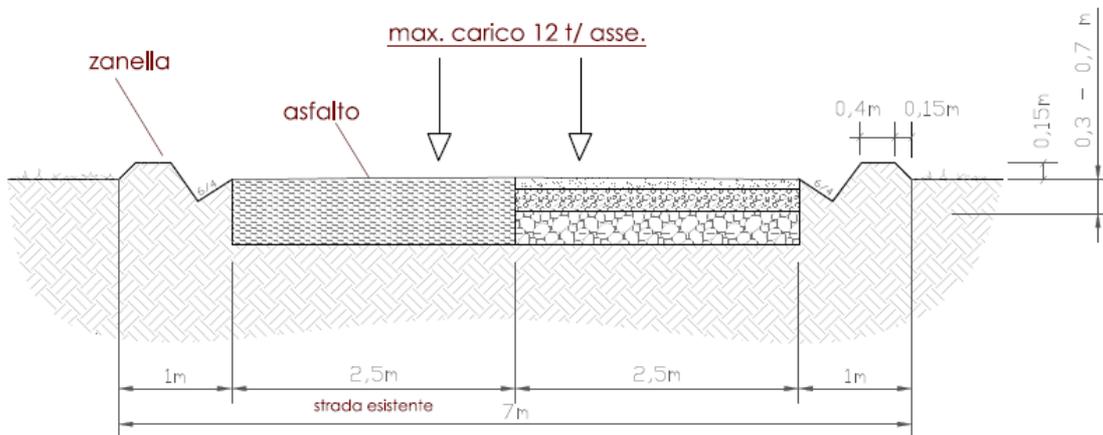
**Figura 10** Sezione stradale tipo in piano



**Figura 11** Sezione stradale tipo in rilevato



**Figura 12** Sezione stradale tipo a mezza costa



**Figura 13** Adeguamento della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto

## 5.5 RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI

### 5.5.1 Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per le strade e per le piazzole degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto. È richiesta particolare attenzione nella preliminare “gradonatura” dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole. Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica dei piani di posa".

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A.2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002 di seguito riportata:

**Tabella 1.1 Classificazione delle terre secondo la norma UNI-CNR 10006.**

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri A8	
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7			
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Sottogruppo													
Analisi granulometrica													
Frazione passante allo Staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scoticato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno;

Un parametro per caratterizzare la portanza del sottofondo è il “modulo resiliente” MR di progetto, valutabile sulla base di prove sperimentali; la scelta di tale parametro è dettata, come riportato dal Bollettino CNR n. 178, dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione. Tale valore può ricavarsi da prove sperimentali o da correlazioni teorico-sperimentali tra l'indice di portanza CBR ed il modulo di reazione k. Il metodo di dimensionamento, ed in questo caso di verifica delle

pavimentazioni stradali utilizzato, prevede tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente MR riportati nella tabella seguente:

<b>modulo resiliente del sottofondo</b>	<b>Indice CBR</b>	<b>Modulo di reazione</b>
$M_R = 150 \text{ N/mm}^2$	CBR = 15%	$k = 100 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 90 \text{ N/mm}^2$	CBR = 9%	$k = 60 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 30 \text{ N/mm}^2$	CBR = 3%	$k = 20 \text{ [kPa/mm]}$

il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di Mr di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 200 m di area trattata o frazione di essa.

In fase di realizzazione delle prove, viene tenuta in considerazione solamente quella che ottiene un valore di k ammissibile; nel caso in cui i valori siano tutti inferiori al minimo, l'impresa dovrà procedere con la bonifica del sottofondo. Il valore finale si ottiene per interpolazione tra i valori di prova.

### 5.5.2 Sovrastrutture per piazzole e strade

Per la formazione della sovrastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava classificato A1 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione della soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Mr" di almeno 30 N/mm<sup>2</sup> per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle soprastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-30 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, fino al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata, inclusi tutti i magisteri per portare il materiale all'umidità ottima, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo di umidità.

Il corpo di materiale può dirsi costipato al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata e comunque quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Mr" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Per l'eventuale primo strato della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 100 N/mm<sup>2</sup>.

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, mediante una prova di carico su piastra ogni 200 m di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si dà luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

### 5.5.3 Sistemazione del piano di posa

Il piano di posa è costituito dall'intera area di appoggio dell'opera in terra ed è rappresentato da un piano ideale al disotto del piano di campagna ad una quota non inferiore a cm 30, che viene raggiunto mediante un opportuno scavo di sbancamento che allontani tutto il terreno vegetale superficiale; lo spessore dello sbancamento dipenderà dalla natura e consistenza dell'ammasso che dovrà rappresentare il sito d'impianto dell'opera.

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2

(secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

Per raggiungere tale grado di addensamento si potrà intervenire, prima dell'operazione di compattazione, modificando l'umidità in sito per modo che questa risulti prossima al valore ottimo rilevabile dalla prova A.A.S.H.T.O. Mod.

Se, invece, tolto il terreno superficiale (50 cm di spessore minimo) l'ammasso risulta costituito da terreni dei gruppi A4, A5, A6, A7 sarà opportuno svolgere una attenta indagine che consenta di proporre la soluzione più idonea alla luce delle risultanze dei rilevamenti geognostici che occorrerà estendere in profondità.

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

- approfondimento dello scavo di sbancamento, fino a profondità non superiori a 1,50 - 2,00 m dal piano di campagna, e sostituzione del terreno in sito con materiale granulare A1 (Ala od Alb), A3 od A2, sistemato a strati e compattato così che il peso secco di volume risulti non inferiore al 90% del valore massimo della prova A.A.S.H.T.O. Mod. di laboratorio; si renderà necessario compattare anche il fondo dello scavo mediante rulli a piedi di montone;
- approfondimento dello scavo come sopra indicato completato, dove sono da temere risalite di acque di falda per capillarità, da drenaggi longitudinali con canalette di scolo o tubi drenanti che allontanino le acque raccolte dalla sede stradale;
- sistemazione di fossi di guardia, soprattutto per raccogliere le acque superficiali lato monte, di tombini ed acquedotti in modo che la costruzione della sede stradale non modifichi il regime idrogeologico della zona.

Per i terreni granulari di apporto (tipo A1, A3, A2) saranno sufficienti le analisi di caratterizzazione e la prova di costipamento.

I controlli della massa volumica in sito negli strati ricostituiti con materiale granulare idoneo dovranno essere eseguiti ai vari livelli (ciascuno strato non dovrà avere spessore superiore a 30 cm a costipamento avvenuto) ed estesi a tutta la larghezza della fascia interessata.

Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante la valutazione del modulo di compressibilità  $M_e$ , secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

- per rilevati fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,5 a 1,5 daN/cm<sup>2</sup>;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adotterà il  $\sigma_p$  compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>. In ogni caso dovrà risultare  $M_e \geq 300$  daN/cm<sup>2</sup>.

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1129 253 1252 297">23/07/2020</td> <td data-bbox="1252 253 1364 297">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 253 1493 297">Pag.41</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.41
23/07/2020	REV: 1	Pag.41			

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stesa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (prova A.A.S.H.T.O. Mod.), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere predisposto un tratto sperimentale così da accertare, con il materiale che si intende utilizzare e con le macchine disponibili in cantiere, i risultati che si raggiungono in relazione all'umidità, allo spessore ed al numero dei passaggi dei costipatori.

Durante la costruzione ci si dovrà attenere alle esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, e ciascuno strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita.

Le scarpate saranno perfettamente profilate e, ove richiesto, saranno rivestite con uno spessore (circa 20 cm) di terra vegetale per favorire l'inerbimento.

Il volume compreso fra il piano di campagna ed il piano di posa del rilevato (definito come il piano posto a 30 cm al disotto del precedente) sarà eseguito con lo stesso materiale con cui si completerà il rilevato stesso.

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di  $M_r$  pari a 30 N/mm<sup>2</sup>, o i piani di posa dei plinti di fondazione il cui terreno costituente è ritenuto non idoneo a seguito di una prova di carico su piastra, devono essere oggetti di trattamento di "bonifica", mediante sostituzione di uno strato di terreno con equivalente in misto granulare arido proveniente da cava di prestito.

Detto materiale deve avere granulometria "B" (pezzatura max 30 mm) come risulta dalla norma CNR-UNI 10006 e deve essere steso a strati e compattato con criteri e modalità già definiti al precedente punto "Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un  $M_r$  di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni 500 m<sup>2</sup> di area bonificata, o frazione di essa. Nel caso di plinti di fondazione, per l'accettazione della bonifica devono essere raggiunti i valori di capacità portante corrispondenti ad un  $M_r$  di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>.

#### **5.5.4 Pavimentazione con materiale arido**

Il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di circa 60 cm e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1.

I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un  $M_d > 100$  N/mm<sup>2</sup>.

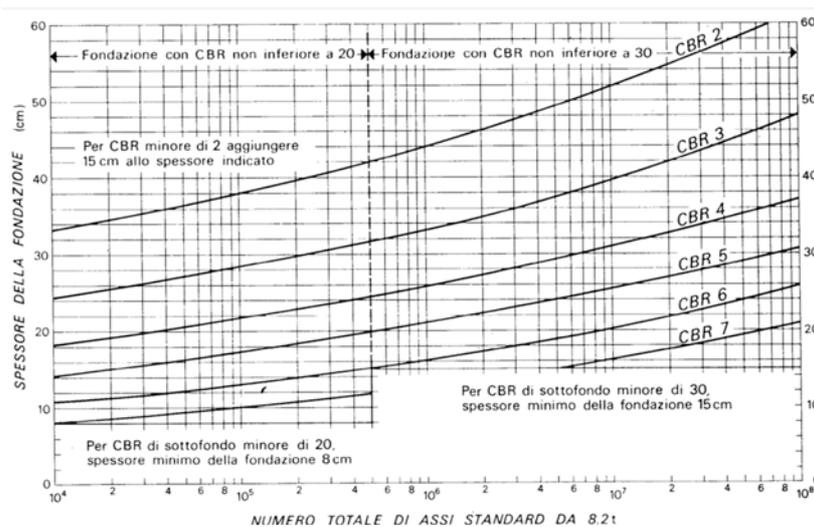
## 5.6 Verifica geotecnica della fondazione stradale

### 5.6.1 Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole

Nel seguente capitolo si riportano le metodologie di calcolo ed i risultati ottenuti per il dimensionamento di massima del pacchetto stradale sia della viabilità che delle piazzole. Le caratteristiche geometriche delle strade sterrate progettate sono state dettate da esigenze derivanti dall'ingombro dei mezzi eccezionali di trasporto dei componenti gli aerogeneratori che, quindi, hanno vincolato sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico il tracciamento degli assi e delle piazzole di montaggio.

### 5.6.2 Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole

Per il dimensionamento di massima della pavimentazione si è fatto riferimento al metodo empirico inglese "Road note 29". È un metodo diretto che consente il dimensionamento in funzione del CBR del sottofondo e del numero di passaggi standard di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile impiegando l'abaco seguente per il calcolo dello spessore della fondazione.



**Figura 14** Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

Nota la portanza del sottofondo (CBR di progetto) si può calcolare lo spessore della fondazione in funzione del numero di passaggi di assi da 8,2 t.

Il numero di passaggi normalizzati considerato è di 105. La determinazione dello spessore degli strati della pavimentazione flessibile si ottiene utilizzando il numero di passaggi di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile. Si determina il valore dello spessore della fondazione in funzione del numero dei passaggi e del parametro caratteristico del CBR.

Dall'esame del grafico si evince che, anche nel caso di valori CBR bassi, lo spessore della pavimentazione non supera i 60 cm, valore preso a riferimento dalla progettazione stradale.

In fase di esecuzione si faranno apposite prove su piastra per verificare la validità dello spessore di 60 cm preso a riferimento.

## 6 OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

### 6.1 Generalità

Nei dettami del progetto definitivo e nelle varie proposte progettuali, incluse le indicazioni riportate nei documenti contabili, assume notevole importanza la volontà di preservare l'“habitus naturale” mediante l'adozione di tutte le possibili tecniche di bioingegneria ambientale.

Gli interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;
- ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;
- regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;
- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.

Pertanto, si prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento con materiali inerti come pietrame.

L'area, dal punto di vista geomorfologico, è definito da dossi collinari di entità variabile. I deflussi sono comunque assenti per gran parte dell'anno, anche perché strettamente connessi all'intensità e persistenza delle precipitazioni meteoriche e fortemente condizionati dall'elevata permeabilità dei termini litologici affioranti.

Vista la natura dell'area in oggetto, si può affermare che per la tipologia intrinseca del terreno non sono necessari importanti interventi di salvaguardia, o ancora più precisamente, non sono necessari costruzioni e opere particolari per il contenimento del terreno.

La viabilità interna è, quasi nella sua totalità, ripresa dall'esistente e quindi già consolidata. I nuovi tratti realizzati sono di accesso alle nuove turbine ed il contesto geomorfologico è sempre della stessa natura.

Gli interventi di ingegneria ambientale, all'interno dell'area del parco, sono minimi e serviranno per la regimentazione delle acque meteoriche, non si presentano condizioni di rischio frana o eccessiva erosione, anche e soprattutto per la natura del terreno. Dalla documentazione fotografica seguente, riferita alla viabilità interna esistente, si può osservare la condizione stabile e ottimale della viabilità esistente in gran parte, oltretutto, asfaltata.

**Report fotografico della viabilità interna al parco eolico:**



Di diversa natura sono gli interventi dovuti per l'adeguamento della viabilità esterna, che coprono un'area di territorio che va dal Porto di Oristano fino ai territori comunali di Nule e Benetutti. Nello specifico gli interventi previsti sono di adeguamento di tratti in curva. Gli interventi previsti sono stati contabilizzati all'interno delle voci di analisi e utilizzati solo dove, durante la fase esecutiva, si riterrà opportuno e indispensabile.

Nella fattispecie, vista la natura dei terreni e la morfologia del territorio, sono stati previsti interventi di consolidamento

con geotessile per scarpate, declivi e comunque ove si ha la necessità di realizzare tratti in sopra o sotto elevazione rispetto al piano carrabile, e opere di drenaggio per il corretto deflusso delle acque. In generale l'intervento previsto per tutte le aree trasformate è "Idrosemina e rivestimenti antierosivi".

Le immagini che seguono mostrano esempi di inerbimento con il raffronto ante e post intervento:

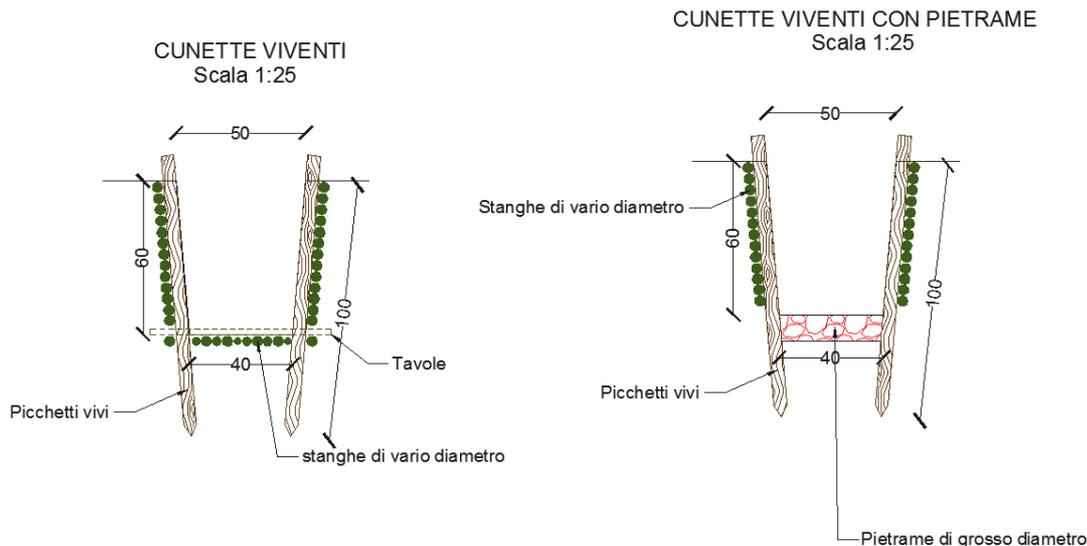


## 6.2 Specifiche tecniche degli interventi

Di seguito si elencano alcuni interventi che possono trovare riscontro nei lavori di consolidamento e regimentazione delle acque meteoriche all'interno del parco e lungo la viabilità esterna di accesso.

### 6.2.1 Cunetta vivente

Le cunette, di norma realizzate in terra, nel progetto in esame sono state previste per tutta la lunghezza della viabilità interna e in alcuni punti si suggerisce l'adozione delle cosiddette cunette viventi. Di fatti è importante sottolineare che nei tratti di maggior pendenza, le semplici cunette potrebbero essere destabilizzate dall'acqua e con esse la strada. Sarà la fase cantieristica ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette "vive" al posto delle cunette in terra.

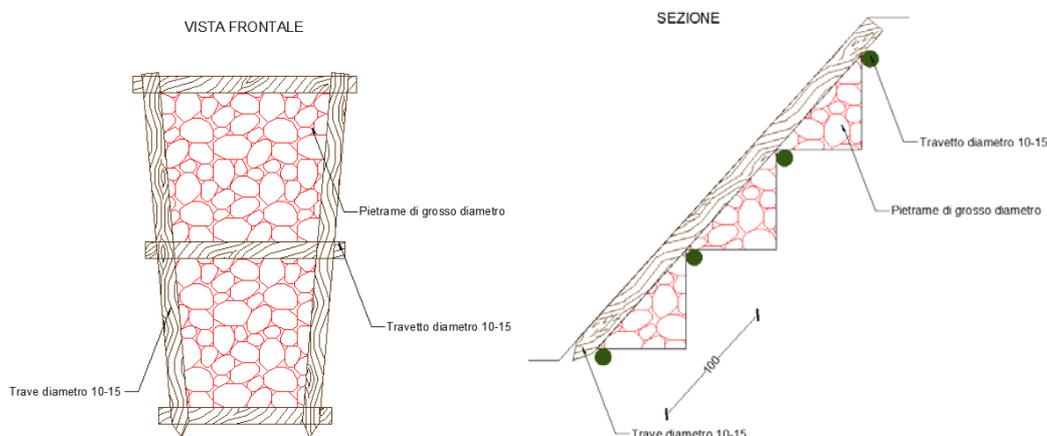


Descrizione dell'attività:

In un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti, uno accanto all'altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 fino ad 1 m (uno dall'altro) posti lungo le pareti del fosso. Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.

### 6.2.2 Canalizzazioni in pietrame e legno

Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale, si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezoidale avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.



### 6.2.3 *Idrosemina e rivestimenti antierosivi*

Le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica. Questa tecnica consente di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina consiste nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti. La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'efficacia di questo sistema è assicurata solo se viene utilizzato in abbinamento ad altre tecniche di protezione e regimentazione delle acque meteoriche. L'intervento è adatto a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza. Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a tutti quei materiali che, aggiunti alla miscela, conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica. In relazione alla composizione della miscela si distingue tra idrosemina di base e idrosemina con mulch.

Le modalità operative dell'idrosemina di base sono così sintetizzabili:

- Preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura.
- Distribuzione mediante l'impiego di motopompe volumetriche (non devono danneggiare i semi), dotate di agitatore meccanico che garantisca l'omogeneità della miscela, montate su mezzi mobili di una particolare miscela base costituita da rapporti variabili di: acqua, miscuglio di sementi di specie erbacee e facoltativamente arbustive idonee alla stazione (35-40 g/mq), fertilizzante organo-minerale bilanciato (150 g/mq), leganti o collanti, sostanze ammendanti, fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

E' adatta su terreni in cui è presente un'abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.

Per quanto riguarda l'idrosemina con mulch, alla miscela base si devono aggiungere fibre di legno o paglia in ragione di non meno di 180 g/mq. Le fibre devono essere per il 20% almenolunghie 10 mm; nelle situazioni meno gravose il 50% del mulch potrà essere costituito da pasta di cellulosa. Il mulch deve avere caratteristiche chimiche che non siano sfavorevoli alla crescita della vegetazione. Il collante sarà a base naturale ed in quantità non inferiore a 5,5 g/mq. E' un'idrosemina particolarmente adatta su terreni con le stesse caratteristiche della prima ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi intensi.

In presenza di diffusi fenomeni di erosione superficiale su pendii e/o scarpate naturali o artificiali vengono comunemente applicati rivestimenti antierosivi sintetici o naturali.

Queste tecniche si possono realizzare con dei prodotti prefabbricati che svolgono una o più funzioni od altrimenti abbinando materiali diversi posti in tempi successivi. Di seguito si riportano alcuni dei materiali e delle tecniche più comunemente usati:

- Geostuoie tridimensionali
- Geocompositi
- Geocelle

L'impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antierosive oltre all'azione di protezione meccanica superficiale, possono svolgere funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione di opere di ingegneria. Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm. La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina). Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinate a sistemi di raccolta delle acque superficiali ed a materiali vivi; quando è necessario vengono utilizzate come un complemento delle opere di sostegno nell'ambito di sistemazioni più complesse. Dato l'elevato indice dei vuoti, le geostuoie si prestano molto bene ad essere intasate con miscele di idrosemina piuttosto dense quali quelle dell'"idrosemina a spessore", in tal modo svolgono sia una protezione antierosiva nei confronti del terreno che una funzione di "armatura dell'idrosemina" impedendone il dilavamento anche in situazioni difficili.





**Figura 15:** tecniche di idrosemina

Le geocelle sono dei geosintetici a struttura alveolare flessibili, resistenti e leggeri; vengono utilizzate come sistemi di stabilizzazione corticale per impedire lo scivolamento e l'erosione di strati di terreno di riporto su forti pendenze. La struttura a “nido d'ape” o “alveolare” viene ottenuta per assemblaggio e saldatura di strisce di materiali sintetici con spessori maggiore o uguale a 1,2 mm ed altezza compresa tra 70 e 100 mm. Sono strutture facilmente trasportabili, caratterizzate da un ingombro molto contenuto, rapidità di applicazione ed adatte a diverse situazioni ambientali. Dopo la posa delle geocelle ed il fissaggio con picchetti si effettua il riempimento con terreno vegetale e successivamente un'idrosemina. Se necessario si deve abbinare una biostuoia od un biotessile qualora vi sia il pericolo di dilavamento da parte delle acque meteoriche; le geocelle hanno aperture piuttosto ampie e sono efficaci nell' impedire lo scivolamento superficiale del terreno di riporto mentre non contrastano sufficientemente il ruscellamento e soprattutto l'impatto delle gocce di pioggia. Quando possibile, è sempre opportuno abbinare alle geocelle la messa a dimora di piantine o talee. I rivestimenti antierosivi biodegradabili sono usati, quasi sempre in associazione con idrosemina o con l'impianto di talee e piantine, negli interventi di sistemazione e consolidamento di pendii o scarpate o di altre opere di ingegneria. La loro realizzazione assicura al terreno trattato un controllo dei fenomeni erosivi per il tempo necessario all'attecchimento ed allo sviluppo di un efficace copertura vegetale. I rivestimenti biodegradabili sono prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, sisal (fibra tessile ricavata dalle foglie di una specie di Agave), trucioli di legno o altre fibre vegetali, caratterizzati da una biodegradabilità pressoché totale che si realizza in un arco di tempo di 1/5 anni, da permeabilità e capacità di ritenzione idrica elevate e da spiccata azione protettiva superficiale del terreno. In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, possono essere classificati in:

- Biotessili
- Bioreti
- Biofeltri
- Biostuoie

I rivestimenti antierosivi rappresentano una soluzione ideale sia dal punto di vista tecnico-funzionale che dal punto di

vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico dell'intervento. La biodegradabilità e la non tossicità dei materiali utilizzati e la capacità di favorire una rapida copertura vegetale, garantiscono il loro inserimento completo e naturale nell'ambiente circostante. Questi prodotti hanno trovato recentemente una vasta applicazione in numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale, di consolidamento dei pendii instabili ed in numerose opere di ingegneria tra i quali si menzionano:

- rivestimento di pendii o scarpate naturali ed artificiali per il controllo dell'erosione e la protezione delle sementi dal dilavamento e creazione di condizioni microclimatiche più favorevoli all'attecchimento ed alla crescita della vegetazione;
- rivestimento e protezione delle scarpate e delle sponde fluviali dall'erosione;
- protezione, sostegno e contenimento del terreno seminato per favorire il rinverdimento di opere in terre rinforzate o di altro tipo.



## 7 OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti potranno essere raccolte ed allontanate dalle seguenti opere idrauliche:

- Fossi di guardia in terra "Tipo A" (per  $Q \leq 0,1$  m<sup>3</sup>/s), eventualmente con fondo rivestito in pietrame ( $i \geq 7,00\%$ ) e con briglie filtranti in legname ( $i \geq 12,00\%$ );
- Fossi di guardia in terra "Tipo B" (per  $Q \geq 0,1$  m<sup>3</sup>/s), eventualmente con fondo rivestito in pietrame ( $i \geq 7,00\%$ ) e con briglie filtranti in legname ( $i \geq 12,00\%$ );
- Opere di dissipazione in pietrame;
- Pozzetti in cls prefabbricato;

- Arginello in terra;
- Attraversamenti in HDPE CRG SN8;
- Canalette in legname per tagli trasversali alla viabilità ( $i \geq 15\%$ ).

In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche.

## 8 CAVIDOTTI

### 8.1 Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sotto campi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU 30/150 kW è articolato su n.4 distinte linee elettriche a 30 kV, una per ciascun sotto campo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari al massimo a 630 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sotto campo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari a crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore.

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, 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 dedicato a tale scopo.

### 8.2 Dati tecnici del cavo utilizzato

Sono stati adottati cavi in alluminio – ARG7H1RNR – 18/30 kV. La Norma CEI 20-13 “Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV” definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo 4.1.02 “Portate di corrente” afferma che per le portate in regime permanente si deve fare riferimento alla Norma CEI 20-21 “Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)” e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massima dei conduttori citata in questa Norma è di 300 mm<sup>2</sup> (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13.

# ARG7H1RNR-12/20 kV ÷ 18/30 kV

# ARG7H1RNRX-12/20 kV ÷ 18/30 kV

Costruzione, requisiti elettrici,  
fisici e meccanici:

CEI 20-13

IEC 60502

EN 60228

Non propagazione della fiamma: EN 60332-1-2

Non propagazione dell'incendio: CEI 20-22 III



#### ARG7H1RNR / Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

#### ARG7H1RNRX / Descrizione

- Cavi tripolari precordati, isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore interno: estruso
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guainetta: PVC
- Armatura: due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

#### Marcatura

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNR [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica]

Pb free LA TRIVENETA CAVI ARG7H1RNRX [tens. nominale] [form.] [anno] [ordine] [metrica] FASE 1/2/3

#### Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio  
ARG7H1RNR(X) - 12/20 kV: U<sub>o</sub>/U 12/20 kV  
ARG7H1RNR(X) - 18/30 kV: U<sub>o</sub>/U 18/30 kV
- Tensione U max:  
ARG7H1RNR(X) - 12/20 kV: U<sub>m</sub> 24 kV  
ARG7H1RNR(X) - 18/30 kV: U<sub>m</sub> 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

#### ARG7H1RNR / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del conduttore

#### ARG7H1RNRX / Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 10 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

#### Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

## ARG7H1RNR - 18/30 kV

U<sub>0</sub>/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

### Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,2	8,0	36,1	1600	174	183	168	177
1 x 70	9,8	8,0	38,2	1795	218	229	207	218
1 x 95	11,45	8,0	39,7	1960	266	280	247	260
1 x 120	12,9	8,0	42,4	2245	309	325	281	296
1 x 150	14,2	8,0	43,7	2405	352	371	318	335
1 x 185	16,0	8,0	45,7	2625	406	427	361	380
1 x 240	18,4	8,0	48,3	2985	483	508	418	440
1 x 300	20,5	8,0	51,8	3345	547	576	472	497
1 x 400	23,6	8,0	55,2	4005	640	674	543	572
1 x 500	26,55	8,0	58,35	4440	740	779	621	654
1 x 630	30,1	8,0	62,8	5135	862	907	706	743

(\*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K-mW
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

### Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,641	0,822	0,822	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,12	0,12	0,22
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,11	0,17	0,27
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,099	0,16	0,36

### 8.3 Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa

La Norma CEI UNEL 35027 - “Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata”, fornisce le portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento  $I_0$  nelle seguenti condizioni:

- $T_a$  temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- $R_t$  resistività termica media radiale del terreno 1,5 k\*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding).

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- $I_z$  portata in corrente nelle condizioni in esame;
- $I_0$  portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- $K_1$  fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- $K_2$  fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- $K_3$  fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- $K_4$  fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 k\*m/W.

Le condizioni di posa dei cavi MT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 1,1 m:  $K_3 = 0,97$

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

- È stata considerata una resistività termica del terreno pari a 2 k\*m/W (terreno secco):  $K_4 = 0,90$

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Resistività del terreno (K*m/W)	Cavi unipolari				
	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 4 circuiti nello stesso strato distanziati tra loro 25 cm:  $K_2 = 0,80$

Tab. III **Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano**

Numero di cavi	Distanza fra i circuiti <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,80 * 0,97 * 0,90 = I_0 * 0,6984$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di  $I_0$  alle condizioni di riferimento:

Sezione nominale [mmq]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	281	0,3250	0,13	0,35
150	318	0,2650	0,12	0,29
185	361	0,2110	0,12	0,24
240	418	0,161	0,11	0,19
300	472	0,13	0,11	0,17
400	543	0,102	0,11	0,15
500	621	0,0801	0,1	0,13
630	706	0,0635	0,099	0,12

Valori di  $I_z$  alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):

Sezione nominale [mmq]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
120	196,25	0,3250	0,13	0,35
150	222,09	0,2650	0,12	0,29
185	252,12	0,2110	0,12	0,24
240	291,93	0,1610	0,11	0,19
300	329,64	0,1300	0,11	0,17

400	379,23	0,1020	0,11	0,15
500	433,71	0,0801	0,1	0,13
630	493,07	0,0635	0,099	0,12

#### 8.4 Profondita' e sistema di posa cavi

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.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, nell'ipotesi in cui vengano realizzati contestualmente, saranno le seguenti:

- FASE 1 (apertura delle piste laddove necessario):
  - o apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;
- FASE 2 (posa cavidotti);
  - o Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40 cm);
- FASE 3 (finitura del pacchetto stradale):
  - o Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, qualora i cavidotti vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.

- FASE 1 (posa dei cavidotti):
  - o Scavo a sezione obbligatoria fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con sabbia o misto granulare stabilizzato con legante naturale, vagliato con pezzatura idonea come da specifiche tecniche, per uno spessore di 20 cm;
  - o rinterro con materiale degli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino al raggiungimento della quota della strada esistente.
- FASE 2 (finitura del pacchetto stradale):
  - o Collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino alla profondità relativa di -0,20 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo);

Per conoscere tutte le sezioni tipo e maggiori particolari, si rimanda alla relativa tavola di progetto.

## 8.5 Fibra ottica di collegamento

Per permettere il monitoraggio e controllo dei singoli aerogeneratori, il presente progetto prevede la realizzazione di un nuovo sistema di telecontrollo, il quale sovrintenderà al funzionamento del parco eolico in esame.

Per la realizzazione del sistema si farà uso di un collegamento in fibra ottica, in configurazione entra-esce da ciascun aerogeneratore.

Lo schema di collegamento del sistema di monitoraggio segue la stessa logica dello schema di collegamento elettrico riportato nel capitolo precedente.

In particolare, si farà uso di un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre 9/125/250, idoneo alla posa interrata, di caratteristiche prestazionali tali da garantire una attenuazione del segnale minima, così da permettere la migliore qualità nella trasmissione delle informazioni.

Le fibre devono essere corredate di tutti gli accessori necessari alla loro giunzione ed attestazione.

## 8.6 Sistema di terra

Il sistema di terra del parco eolico è costituito da una maglia di terra formata dai sistemi di dispersori dei singoli aerogeneratori e dal conduttore di corda nuda che li collega. La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente.

Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>, posta in intimo contatto con il terreno.

Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto. Per evitare infatti che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95mm<sup>2</sup> del tipo FG7(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm<sup>2</sup>.

## 8.7 Opere civili cavidotti

La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1,10 m e larghezza compresa tra 0,35 m per una trincea e 1,40 m. per quattro trincee.

**Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, nell'ipotesi in cui vengano realizzati contestualmente, saranno le seguenti:**

FASE 1 (apertura delle piste laddove necessario) :

apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40; FASE 2 (posa cavidotti);

- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
- collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
- collocazione delle trincee di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
- collocazione della fibra ottica;
- rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
- rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
- collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
- rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso ( in genere 40 cm);

FASE 3 (finitura del pacchetto stradale):

Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b></p>	 <p>INGEGNERIA &amp; INNOVAZIONE</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1137 255 1251 295">23/07/2020</td> <td data-bbox="1251 255 1364 295">REV: 1</td> <td data-bbox="1364 255 1484 295">Pag.60</td> </tr> </table>	23/07/2020	REV: 1	Pag.60
23/07/2020	REV: 1	Pag.60			

cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

**Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, qualora i cavidotti vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.**

FASE 1 (posa dei cavidotti):

- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
- collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
- collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
- collocazione della fibra ottica;
- rinterro con sabbia o misto granulare stabilizzato con legante naturale, vagliato con pezzatura idonea come da specifiche tecniche, per uno spessore di 20 cm;
- rinterro con materiale degli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
- collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
- collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo
- (Classe A1 UNICNR10006) fino al raggiungimento della quota della strada esistente.

FASE 2 (finitura del pacchetto stradale):

Collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino alla profondità relativa di -0,20 m dalla quota di progetto stradale finale; stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

## 9 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dall'impianto eolico e la eleva alla tensione di 150kV. La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN.

La stazione di trasformazione è costituita da uno stallo trasformatore elevatore. Lo stallo trasformatore è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 57/69 MVA ONAN/ONAF;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 kV con sostegno;
- Trasformatori di corrente e di tensione con sostegni, per misure e protezioni,
- Armadio di smistamento in prossimità dei TA e TV;
- Interruttore tripolare 170 kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale 145-170 kV con lame di terra.
- Scaricatore di sovratensione;
- Terminali per cavi AT.

L'impianto viene completato dalla sezione MT/BT, la quale risulterà composta da:

- Quadri MT a 30 kV, completi di:
  - Scomparti di sezionamento linee di campo;
  - Scomparti misure;
  - Scomparti protezione generale;
  - Scomparto trafo ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.